



TUGAS AKHIR - TE 145561

***PERANCANGAN OPERATION PANEL TOUCH SCREEN
UNTUK MESIN CNC MILLING: FUNCTION GROUP***

Febby Ayu Ramadhani
NRP 2213030062

Dosen Pembimbing
Imam Arifin, ST., MT

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - TE 145561

**DESIGN OF TOUCH SCREEN OPERATION PANEL FOR CNC
MILLING MACHINE: FUNCTION GROUP**

Febby Ayu Ramadhani
NRP 2213030062

Supervisor
Imam Arifin, ST., MT

ELECTRICAL ENGINEERING D3 STUDY PROGRAM
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

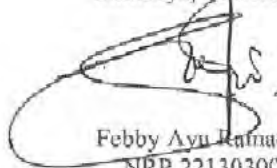
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul "**Perancangan Operation Panel Touch Screen untuk Mesin CNC Milling: Function Group**" adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 31 Mei 2016



Febby Ayu Rafnadhani
NRP 2213030062

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

**PERANCANGAN *OPERATION PANEL TOUCH SCREEN*
UNTUK MESIN *CNC MILLING: FUNCTION GROUP***

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya Teknik
Pada

Bidang Studi Komputer Kontrol
Program Studi D3 Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Menyetujui:

Dosen Pembimbing



**SURABAYA
JUNI, 2016**

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

PERANCANGAN *OPERATION PANEL TOUCH SCREEN* UNTUK MESIN CNC MILLING: *FUNCTION GROUP*

Nama : Febby Ayu Ramadhani
Pembimbing : Imam Arifin, ST., MT

ABSTRAK

Panel mesin *Computerized Numerical Control* (CNC) yang banyak digunakan merupakan hasil produksi pabrik, berupa monitor dengan sederet tombol terpisah. Terdapat beberapa fitur pada *operation panel* yang dirasa kurang fleksibel, karena hanya dapat diakses oleh produsen dan sulit dikembangkan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Selain itu, penggunaan secara terus menerus dapat menimbulkan ketergantungan antara pengguna dan produsen serta kerusakan pada tombol yang dapat mengganggu proses kerja. Oleh karena itu, dirancang sebuah *operation panel* untuk mesin CNC dengan menggunakan layar sentuh, yang dapat dikembangkan sesuai kebutuhan pengguna dan tidak mudah rusak. Perancangan dilakukan dengan pemrograman menggunakan suatu *software* grafis. Melalui pemrograman yang dibuat, didapatkan sebuah *Human Machine Interface* (HMI) untuk *operation panel* mesin CNC. Dengan menggunakan *operation panel* ini operator dapat mengendalikan gerak mesin sesuai dengan perintah yang diberikan melalui tombol.

Kata Kunci: *Operation panel, Function Group, CNC Milling, Motor Servo*

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

***DESIGN OF TOUCH SCREEN OPERATION PANEL FOR CNC
MILLING MACHINE: FUNCTION GROUP***

Name : Febby Ayu Ramadhani
Supervisor : Imam Arifin, ST., MT

ABSTRACT

The common Computerized Numerical Control (CNC) machine that recently used are factory production, it is consist of a screen with a separated mechanical keypad. This operation panel is reputed to its unflexibilty. Furthermore, the using of this panel in a long term could cause a dependence between user and producer. Other than that, it could also cause a damage to it's mechanical keypad that interfered the work of machine. Thus the design of an operation panel for CNC Milling machine using touch screen is made. This based on user demand to have a panel that could easily be upgraded yet solid. The programming for this operation panel used a graphical software that could also control the servo motor or machine axis.

Keywords: *Operation Panel, Function Group, CNC Milling Machine, Servo motor*

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan guna menyelesaikan pendidikan Diploma-3 pada Bidang Studi Komputer Kontrol, Jurusan D3 Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan judul:

PERANCANGAN *OPERATION PANEL TOUCH SCREEN* UNTUK MESIN CNC MILLING: *FUNCTION GROUP*

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam penyusunan buku Tugas Akhir ini dari awal sampai akhir. Khususnya kepada PT. CNC Controller Indonesia yang telah mendukung pengerjaan Tugas Akhir penulis. Kepada dosen pembimbing Bapak Imam Arifin, MT dan Bapak Mohamad Abdul Hady, MT yang selalu mendidik dan memberikan arahan pada penulis. Orang tua dan keluarga tercinta yang dengan tulus memberi dukungan doa serta menjadi sumber semangat bagi penulis. Untuk teman-teman dan asisten Laboratorium Teknik Pengaturan AJ104, Teknik Elektro ITS, yang setia menjadi kawan seperjuangan dan dapat diandalkan, pemberi dukungan serta semangat kepada penulis. Khususnya kepada Shinta Bella Mardiyanti, sahabat karib penulis yang selalu setia berbagi kesedihan dan kesenangan bersama dengan penulis.

Penulis menyadari dan memohon maaf atas segala kekurangan pada Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dalam pengembangan keilmuan di kemudian hari.

Surabaya, **31 Mei 2016**

Penulis

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	v
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Metodologi Penelitian	3
1.6 Sistematika Laporan	4
1.7 Relevansi.....	5
 BAB II KOMPONEN DAN <i>SOFTWARE</i> PENDUKUNG MESIN CNC <i>MILLING</i>	 7 7
2.1 Mesin CNC	7
2.1.1 Jenis – jenis mesin CNC	10
2.1.2 Komponen Penyusun Mesin CNC <i>Milling</i>	11
2.1.3 Pengoperasian Mesin CNC <i>Milling</i>	16
2.2 Operation Panel Mesin CNC	17
2.2.1 Sejarah <i>Operation Panel</i> Mesin CNC.....	17
2.2.2 Mode Pada <i>Operation Panel</i> Mesin CNC.....	19
2.3 MACH3	22
2.4 Solidworks / CAD	23
 BAB III PERANCANGAN <i>OPERATION PANEL</i> UNTUK MESIN CNC <i>MILLING</i>	 25

3.1 Perancangan <i>Operation Panel</i> serta Koneksi <i>Hardware</i>	25
3.1.1 Pengaturan Koneksi <i>Servo Drive</i> pada Mesin CNC.....	27
3.1.2 Pemrograman untuk Koneksi ke <i>Servo Drive</i>	34
3.2 Perancangan Simulasi	36
3.2.1 Perancangan Mesin CNC <i>Milling</i> untuk Simulasi	37
3.2.2 Perancangan <i>Operation Panel</i> Mesin CNC <i>Milling</i> untuk Simulasi	40
BAB IV PENGUJIAN <i>HARDWARE</i> DAN SIMULASI SISTEM	41
4.1 Prosedur Pengujian dengan Koneksi <i>Hardware</i>	41
4.1.1 Pengukuran Pulsa keluaran LabVIEW menggunakan Osiloskop	41
4.1.2 Pembuatan HMI untuk <i>Operation Panel</i> Mesin CNC	46
4.1.3 Pengujian Program HMI <i>Operation Panel</i> untuk Melakukan Pengaturan Posisi	48
4.2 Prosedur Simulasi <i>Operation Panel</i>	53
BAB V PENUTUP	59
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN A	62
LAMPIRAN B	63

DAFTAR GAMBAR

	HALAMAN
Gambar 2.1 Skema Kerja Mesin CNC	8
Gambar 2.2 <i>Portable Punch Tape</i>	9
Gambar 2.3 Mesin CNC <i>Milling</i> Beserta Komponen Penyusunnya	9
Gambar 2.4 <i>Operation Panel</i> Mesin CNC Produksi DELTA CNC Solution.....	10
Gambar 2.5 <i>Automatic Tool Changer</i> (ATC) Mesin CNC	12
Gambar 2.6 <i>Servo Drive</i> ASDA A2 dengan 7 <i>Ports</i>	12
Gambar 2.7 Konektor <i>Port</i> CN1	13
Gambar 2.8 <i>Layout Pin Port</i> CN1	13
Gambar 2.9 Konektor <i>port</i> CN2.....	14
Gambar 2.10 Konektor <i>port</i> CN3.....	14
Gambar 2.11 Konektor <i>port</i> CN4.....	14
Gambar 2.12 Konektor <i>port</i> CN5.....	15
Gambar 2.13 Konektor <i>port</i> CN6.....	15
Gambar 2.14 Konektor <i>port</i> CN7.....	15
Gambar 2.15 Sistem <i>Absolute</i>	16
Gambar 2.16 Sistem <i>Incremental</i>	17
Gambar 2.17 <i>Software</i> Solidworks untuk melakukan perancangan mesin CNC pada proses simulasi.	24
Gambar 3.1 Koneksi <i>Operation Panel</i> Secara <i>Hardware</i>	25
Gambar 3.2 NI-MyRIO <i>Hardware</i>	26
Gambar 3.3 Blok Diagram Fungsi Tiap Komponen pada Perancangan HMI <i>Operation Panel</i> Mesin CNC.....	27
Gambar 3.4 <i>Wiring servo drive</i> ASDA A2.	27
Gambar 3.5 <i>Wiring Port</i> CN1 pada <i>Position Control Mode</i>	29
Gambar 3.6 <i>Wiring</i> Pengaturan <i>Servo On</i>	30
Gambar 3.7 Konfigurasi Pin Pada IC AM26C31	31
Gambar 3.8 Pengaturan Parameter P1-00.....	31
Gambar 3.9 Pengaturan Parameter P1-01.....	32
Gambar 3.10 Pengaturan Parameter P2-14.....	33
Gambar 3.11 Pengaturan Parameter P2-15.....	33
Gambar 3.12 Pengaturan Parameter P2-16.....	34
Gambar 3.13 <i>State Machine</i> Diagram Mode JOG	35

Gambar 3.14	Desain Meja Benda Pada Desain Mesin CNC	37
Gambar 3.15	Desain <i>Column</i> Aksis X	38
Gambar 3.16	Desain <i>Spindle Carriage</i> Aksis Y	38
Gambar 3.17	Desain <i>tool holder</i> aksis Z	39
Gambar 3.18	Desain Mesin CNC <i>Milling</i>	39
Gambar 4.1	Program Labview Untuk Pengendali Motor <i>Servo</i>	42
Gambar 4.2	Hasil Pengukuran Tegangan Keluaran Pin <i>Digital Output</i> My- RIO, Melalui Osiloskop	43
Gambar 4.3	Hasil Pengamatan Program Labview Pada Osiloskop....	44
Gambar 4.4	Hasil Pengamatan Program LabVIEW pada Osiloskop dengan Perubahan <i>Duty-cycle</i> (1)	44
Gambar 4.5	Hasil Pengamatan Program LabVIEW pada Osiloskop dengan Perubahan <i>Duty-cycle</i> (2)	45
Gambar 4.6	Hasil Pengamatan Program LabVIEW pada Osiloskop dengan perubahan <i>Duty-cycle</i> (3)	46
Gambar 4.7	Tampilan HMI untuk Mode JOG	47
Gambar 4.8	Tampilan HMI untuk Mode EDIT	47
Gambar 4.9	<i>Wiring</i> pada <i>Port</i> CN1	48
Gambar 4.10	Tampilan HMI untuk Pengaturan Posisi <i>Magazine</i>	49
Gambar 4.11	<i>Magazine</i> Mesin CNC Fanuc	50
Gambar 4.12	Motor dengan <i>Gearbox</i> Rasio 1:5	51
Gambar 4.13	Tampilan HMI pada <i>Operation Panel</i> yang Dapat Diubah Sesuai Kebutuhan	53
Gambar 4.14	<i>Project Explorer</i> untuk Mengkoneksikan Solidworks dengan LabVIEW.	53
Gambar 4.15	Mengunduh Program LabVIEW untuk Menjalankan Simulasi	54
Gambar 4.16	Tampilan HMI Pada Simulasi <i>Operation Panel</i> yang Dibuat Menggunakan Labview	55
Gambar 4.17	Nilai Masukan untuk Menggerakkan Aksis Secara Melingkar	56
Gambar 4.18	Arah Gerak Aksis Berdasarkan Masukan Nilai <i>Travel Angle</i>	57

DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 3.1 Koneksi <i>Wiring Port</i> CN1 untuk Pengaturan Eksternal.....	29
Tabel 3.2 Koneksi <i>wiring port</i> CN5 untuk pengaturan eksternal.....	30
Tabel 3.3 Spesifikasi NI-MyRIO.....	36
Tabel 4.1 Kecepatan Putar Motor Terhadap Frekuensi Masukan	52

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan mesin *Computerized Numerical Control* (CNC) dalam dunia industri saat ini berkembang sangat pesat. Hal ini tampak dari banyaknya kalangan industri yang menggunakan mesin ini sebagai salah satu alat produksi pada perusahaannya. Mesin ini banyak digunakan, karena mampu menghemat biaya, waktu serta tenaga untuk produksi. Mesin ini mempunyai kelebihan yang mampu memaksimalkan hasil produksi baik dari segi kualitas maupun konsistensi produk. Selain itu, proses pemrograman pada mesin cukup mudah, karena CNC mampu bekerja berdasarkan *G-code* yang diberikan oleh operator pada perangkat kendalinya. Pemrograman *G-code* mampu dikerjakan secara manual, dengan cara menentukan koordinat benda kerja yang akan dibuat. Penentuan koordinat benda kerja dilakukan oleh operator dengan cara menggambar benda kerja tersebut menggunakan tangan atau menggunakan komputer dengan *software Computer Aided Design* (CAD). Seiring dengan kemajuan teknologi di bidang komputer, telah dikembangkan suatu *software* yang berisi aplikasi gambar teknik dengan CAD yang dapat langsung merubah gambar kerja menjadi program *G-code* dari gambar tersebut. Aplikasi *software* tersebut dikenal dengan sebutan *Computer Aided Manufacture* (CAM). Agar mesin CNC ini mampu melakukan interpretasi kode yang diberikan, dibutuhkan suatu kontroler. Pada mesin CNC, kontroler biasanya tertanam pada *operation panel*. Perangkat ini merupakan satu-satunya perangkat pada CNC dimana operator dapat secara langsung berinteraksi serta mengakses mesin.

Operation panel yang sering digunakan pada CNC yaitu berupa sebuah monitor dengan beberapa tombol pengaturan yang letaknya terpisah. Penggunaan tombol pada *operation panel* ini juga mempunyai kelemahan baik dari segi mekanik maupun *non-mekanik*. Salah satu kelemahan mekaniknya, yaitu penggunaan tombol pada *operation panel* yang terlalu sering digunakan dapat menyebabkan terjadinya kerusakan, sehingga dapat mengganggu proses kerja mesin. Selain itu, kelemahan dari sisi *non-mekanik* yang sering terjadi adalah, timbul ketergantungan antara pengguna dengan produsen mesin. Permasalahan ini terjadi akibat

akses untuk beberapa fitur *operation panel* terbatas, sehingga menyebabkan pengguna tidak dapat meningkatkan performa kerja panel sesuai yang diinginkan. Saat terjadi kerusakan atau penurunan performa kerja panel, pengguna harus memperbaiki kerusakan tersebut pada produsen. Proses ini selain memerlukan biaya yang relatif mahal juga membutuhkan waktu yang lama untuk proses perbaikan.

Seiring dengan pesatnya perkembangan dalam industri yang menggunakan CNC, kebutuhan terhadap suatu *operation panel* dan kontroler yang lebih fleksibel ikut meningkat. Diperlukan adanya sebuah kontroler CNC yang dikembangkan dengan sistem *PC-based Open Architecture* [2]. Saat ini sudah banyak dilakukan penelitian mengenai pengaturan mesin CNC berbasis PC, hal ini dilakukan untuk menghasilkan mesin dengan harga lebih murah, serta suku cadang yang mudah didapat [4][5]. Penggunaan sistem arsitektur terbuka ini merupakan salah satu upaya untuk menanggulangi ketergantungan pada produsen, memungkinkan pengguna untuk mengembangkan kontroler mesin CNC, dan mendapatkan sebuah kontroler yang fleksibel dan *user-friendly* [1].

Agar dapat mewujudkan kebutuhan tersebut, dirancang sebuah *operation panel* yang dapat diprogram dan merepresentasikan fungsi dari tiap tombol mode pengaturan. Pemrograman dilakukan menggunakan *software* grafis yang mampu membuat diagram fungsi sebagai representasi mode yang diamati pada panel [3].

1.2 Perumusan Masalah

Penggunaan tombol pada *operation panel* dapat menyebabkan kerusakan jika pemakaian dilakukan secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama. Kerusakan yang terjadi dapat mengganggu proses kerja mesin. Adanya beberapa fitur yang tidak dapat diakses oleh pengguna, menyebabkan pengguna tidak dapat mengembangkan fitur pada *operation panel* sesuai kebutuhan, atau kurang *user-friendly*.

Pada mesin mini CNC MTU500 produksi PT. CNC CONTROLER INDONESIA, penggunaan kontroler serta *operation panel* dari DELTA dirasa kurang *user-friendly*, salah satunya karena penggunaan beberapa fitur pada *operation panel* yang tidak dapat dikembangkan sesuai kebutuhan pengguna. Keterbatasan fitur yang ada menyebabkan timbulnya ketergantungan antara pengguna pada produsen kontroler mesin.

1.3 Batasan Masalah

Mesin yang digunakan sebagai studi kasus adalah mesin mini CNC MTU500 yang mempunyai 3 aksis, dengan 2 aksis diasumsikan tidak ada. Sistem pada motor yang digunakan merupakan *open loop*. Pada proses uji coba, pemrograman HMI yang dibuat digunakan untuk mengatur posisi *Automatic Tool Changer (ATC) / Magazine* mesin CNC. Pemrograman HMI yang dibuat adalah mode JOG dan EDIT. Pada proses pengujian, masih digunakan PC sebagai pengganti monitor layar sentuh.

1.4 Tujuan

Dengan *operation panel* yang diprogram menggunakan LabVIEW, didapatkan suatu *operation panel* yang lebih *user-friendly* dan dapat dikembangkan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Pada desain yang dibuat, penggunaan tombol digantikan dengan layar sentuh untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya kerusakan pada *operation panel*.

Penggunaan *operation panel* ini pada mesin mini CNC MTU500, mampu mengurangi ketergantungan yang terjadi antara pengguna dengan produsen kontroler.

1.5 Metodologi Penelitian

Perancangan *operation panel touch screen*, terbagi menjadi empat tahapan, yaitu studi literatur, perancangan sistem, uji coba dan hasil pengujian, serta penyusunan laporan.

Pada tahap studi literatur, dilakukan pencarian literatur buku maupun kumpulan makalah dan jurnal yang mengarah pada topik yang dibahas. Tahapan ini dilakukan untuk mengumpulkan informasi dan spesifikasi data-data mesin CNC yang diatur, serta sejarah *operation panel* yang telah ada sebelumnya.

Selanjutnya pada perancangan sistem, dibuat suatu program melalui *software* LabVIEW. Program yang dibuat, digunakan untuk mengatur pergerakan motor mesin CNC *Milling*. Pada tahapan ini membahas tentang prosedur koneksi secara *hardware*. Untuk dapat mengetahui proses kerja *operation panel* secara keseluruhan, dibuat sebuah simulasi menggunakan *software* Solidworks.

Setelah melalui tahap perancangan sistem, dilakukan uji coba. Pada proses uji ini, dilakukan uji coba *operation panel* terhadap jalannya mesin CNC berdasarkan fungsi dari tiap tombol yang ditekan.

Tahapan terakhir adalah proses penyusunan laporan. Dalam tahapan ini, luaran yang diharapkan berupa sebuah laporan yang mampu menjelaskan proses dan sistem *operation panel touch screen* untuk mesin CNC *Milling* yang dibangun.

1.6 Sistematika Laporan

Pembahasan Tugas Akhir ini dibagi menjadi lima bab dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pada bab pendahuluan, menjelaskan mengenai latar belakang pemilihan topik, perumusan masalah dan batasannya. Bab ini juga membahas mengenai tujuan penelitian, metodologi, sistematika laporan, dan relevansi dari penelitian yang dilakukan.

Bab II Komponen dan *Software* Pendukung Mesin CNC *Milling*

Penjelasan mengenai komponen *hardware* maupun *software* pendukung untuk mesin CNC *Milling* dibahas pada bab ini. Pokok bahasan pada bab ini diantaranya, yaitu jenis mesin CNC, komponen penyusun mesin, cara kerja dan pengoperasian mesin tersebut. Pada bab ini juga dibahas mengenai sejarah *operation panel* dan mode-mode yang tersedia. Pembahasan terakhir adalah *software* pendukung mesin CNC seperti MACH3, Solidworks atau CAD.

Bab III Perancangan *Operation Panel* Untuk Mesin CNC *Milling* Secara Simulasi dan Koneksi *Hardware*

Pembahasan yang dilakukan pada bab ini, mengenai perancangan sistem secara keseluruhan serta prosedur koneksi *hardware* dan simulasi sistem yang dibuat.

Bab IV Pengujian *Hardware* dan Simulasi Sistem

Hasil dari uji coba program yang dibuat serta simulasi *operation panel* dibahas secara lengkap pada bab ini.

Bab V Penutup

Pada bagian bab penutup, dibahas mengenai kesimpulan dan saran dari hasil pengujian.

1.7 Relevansi

Hasil yang diperoleh dari Tugas Akhir ini diharapkan menjadi referensi lanjutan untuk perancangan kontroler dan *operation panel* untuk mesin CNC *Milling* pada dunia industri secara nyata.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

BAB II

KOMPONEN DAN *SOFTWARE* PENDUKUNG MESIN CNC *MILLING*

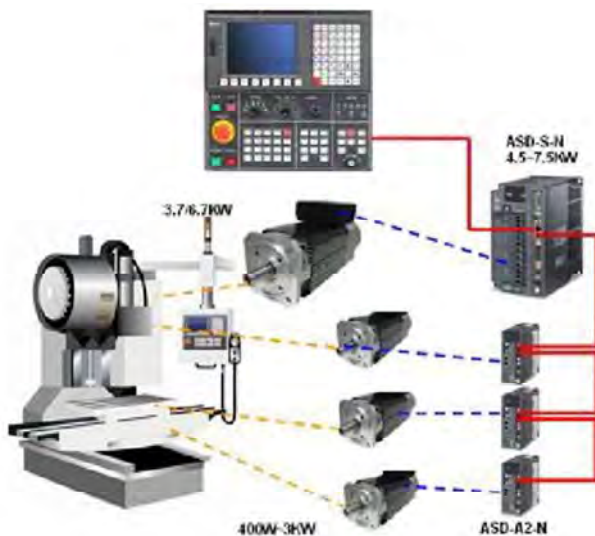
2.1 Mesin CNC

Awal lahirnya mesin *Computerized Numerical Control* (CNC) bermula dari penelitian pada tahun 1952 yang dikembangkan oleh John C. Parsons dari *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), atas nama Angkatan Udara Amerika Serikat. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengembangkan sebuah sistem untuk perangkat permesinan yang mampu mengatur posisi benda kerja secara langsung dari keluaran sebuah komputer. Mesin tersebut digunakan untuk membuat benda kerja khusus dengan ketelitian yang sangat tinggi. Pada tahun 1952, mesin CNC *Cincinnati Hydrotel vertical-spindle Milling machine* sukses didemonstrasikan untuk pertama kalinya di MIT. Mesin ini dibangun dengan tabung elektron yang mampu mengatur 3 aksis, serta menggunakan tipe *binary-coded* data melalui sebuah *punch tape*, seperti pada Gambar 2.2 [7]. Tahun 1952, penelitian tentang pengaturan mesin melalui komputer secara langsung terus dilakukan. Tahun 1954, dimulai penelitian mengenai mesin dengan bahasa pemrograman simbolik atau yang disebut *Automatically Programmed Tool* (APT). Pada tahun yang sama, sebuah perusahaan yang bernama Bendix membeli hak cipta dari Parsons dan membangun sebuah industri yang memproduksi mesin CNC untuk pertama kalinya [6].

CNC ini merupakan mesin perkakas yang dilengkapi dengan sistem mekanik dan kontrol berbasis komputer yang mampu membaca instruksi kode angka, huruf dan simbol sesuai dengan standar ISO. Pada Gambar 2.3 ditunjukkan sebuah mesin CNC *Milling* dengan komponen penyusunnya. Mesin ini dibedakan menjadi 2 jenis berdasarkan jumlah aksis yang dimiliki, yaitu jenis *Lathe* memiliki 2 aksis yaitu X dan Z. Sedangkan CNC jenis *Milling* mempunyai 3 aksis yaitu X, Y dan Z. Aksis X dan Y berfungsi untuk membentuk kontur horizontal, sedangkan Z untuk menentukan kedalaman potongan mata pahat terhadap benda kerja. Pergerakan ketiga aksis tersebut dilakukan oleh penggerak *spindle*.

Komponen penyusun mesin CNC dibagi menjadi 2 kelompok besar, yaitu mekanik dan elektrik. Bagian mekanik mesin CNC, terdiri

dari *spindle*, aksis, dan *Automatic Tool Changer* (ATC). Sedangkan pada bagian elektrik, terdiri dari sensor *limit switch*, kontroler dan *Human Machine Interface* (HMI). Pada beberapa CNC, bagian-bagian tersebut diatur oleh sebuah PLC. Fungsi PLC ini yaitu untuk mengeluarkan perintah yang dikirim ke CNC. Perintah masukan berasal dari operator melalui *control panel*, lalu perintah tersebut diteruskan menuju ke *servo drive* untuk diolah agar dapat menggerakkan motor *servo* pada mesin. Skema proses kerja mesin CNC tertera pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Skema Kerja Mesin CNC

Perintah masukan untuk mesin CNC dapat berasal dari tombol yang ditekan oleh operator pada *operation panel* mesin, atau dengan memberikan suatu program *G-code* melalui PC atau panel. Pembuatan program dapat dilakukan secara langsung pada layar *operation panel* mesin, atau dengan menggunakan *software* dari luar mesin, seperti MasterCAM, AutoCAD, maupun MACH3.

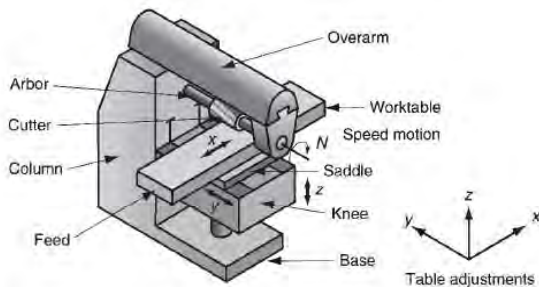
Proses untuk memasukkan data pada *operation panel* mesin CNC, ada yang disebut *Manual Data Input* (MDI). Proses ini sudah lama digunakan saat mesin CNC masih menggunakan *punch tape* sebagai

media penyimpanan data. *Punch tape* digunakan karena tidak adanya media yang mampu menyimpan data secara manual pada saat itu.



Gambar 2.2 *Portable Punch Tape*

Tampilan *operation panel* yang digunakan pada awal perkembangan CNC, berupa sebuah tampilan *alphanumeric*. Akan tetapi, penggunaannya dihentikan karena kebutuhan tegangan yang sangat tinggi pada *operation panel* tersebut. Pengenalan terhadap *alphanumeric keyboard* dan perangkat keras penyimpanan data, memungkinkan untuk menuliskan program pada mesin secara langsung. Akan tetapi, mesin ini tidak dapat dioperasikan selama proses pemasukan data berlangsung. Perintah yang diberikan melalui *operation panel* hanya sebatas pemasukan data serta pengaturan aksis dan *tool* mesin [6]. Teknologi *operation panel* yang banyak digunakan merupakan sebuah monitor yang dilengkapi beberapa fungsi tombol dan *knob* yang terpisah, seperti yang tampak pada Gambar 2.4. Pada panel terdapat sederet tombol yang merepresentasikan beberapa mode sebagai pengatur jalannya mesin CNC.



Gambar 2.3 Mesin CNC *Milling* Beserta Komponen Penyusunnya

Mesin CNC yang digunakan baik pada dunia industri maupun edukasi pada dasarnya dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu: CNC *Milling* dan CNC *Lathe*.



Gambar 2.4 Operation Panel Mesin CNC Produksi DELTA CNC Solution

2.1.1 Jenis – jenis mesin CNC

A. Mesin CNC *Milling*

Mesin CNC *Milling* adalah mesin perkakas yang banyak digunakan untuk melakukan pembentukan benda kerja, contohnya seperti mengukir benda kerja. Hasil benda kerja mesin ini memiliki permukaan yang rata atau bentuk – bentuk lain yang spesifik (profil, radius, silindris, dan lain-lain) dengan ukuran dan kualitas tertentu. Mesin ini beroperasi dengan cara, meja mesin bergerak menuju mata paham yang berputar. Terdapat 3 gerakan pada proses kerja mesin ini, yaitu yang pertama merupakan gerakan berputarnya alat potong pada *spindle* utama. Gerakan kedua yaitu, pemakanan (*feeding*) pada saat proses pemotongan benda kerja, dan yang terakhir adalah gerakan pengaturan (*depth of cut*). Metode pemotongan pada mesin ini ditentukan berdasarkan arah relatif gerak meja mesin terhadap putaran pisau. Dalam pengoperasiannya, mesin ini membutuhkan pelumas berupa oli atau *coolant* yang berguna sebagai pendingin mata pahat agar tidak cepat aus.

B. Mesin CNC *Lathe*

Mesin CNC *Lathe* digunakan saat operator ingin mendapatkan benda kerja dengan bentuk silindris. Pada mesin ini, mata pahat mesin menempel pada perangkat mesin yang disebut *turret*. Bagian *turret* pada mesin CNC *Lathe* ini tidak jauh berbeda dengan *Automatic Tools Changer (ATC)* atau *magazine* pada mesin CNC *Milling*. Fungsi dari bagian ini adalah untuk melakukan pergantian mata pahat secara otomatis. Akan tetapi, yang menjadi pembeda antara kedua bagian ini adalah kapasitas mata pahat pada *turret* yang hanya berjumlah 16. Selain itu, kecepatan ganti *turret* juga lebih cepat jika dibanding dengan *magazine*. Mesin CNC *Lathe* di era modern dilengkapi dengan fitur yang canggih. Jumlah *turret* pada sebuah mesin *Lathe* dapat berjumlah lebih dari 1, sehingga mampu melakukan dua operasi program secara bersamaan.

2.1.2 Komponen Penyusun Mesin CNC *Milling*

Secara garis besar, bagian utama pada mesin CNC dibagi menjadi 3. Bagian ini mempunyai fungsi dan peran masing-masing yang berguna dalam proses kerja mesin CNC. Pertama bagian mekanik, lalu bagian elektrik dan yang terakhir adalah bagian kontroler.

Komponen mekanik merupakan bagian pada mesin yang bergerak, terdiri dari:

a. Meja Mesin

Meja mesin CNC merupakan *base part* dari mesin dimana benda kerja diletakkan. Seperti yang telah dijelaskan pada poin sebelumnya, bagian pada mesin ini perlu diberikan pelumas seperti oli maupun *grease*. Pelumas diberikan pada bagian *ball screw*, *bearing*, atau *guide way slider* yang bertujuan untuk menjaga kehalusan pergerakan meja dan juga mencegah terjadinya aus.

b. *Spindle* Mesin

Pada CNC, *spindle* mesin merupakan tempat atau rumah untuk mata pahat mesin. *Spindle* digerakan oleh sebuah motor yang dilengkapi dengan transmisi *coupling*, *belting*, atau *gear box*.

Bagian ini merupakan pengatur dari putaran dan pergerakan mata pahat pada aksis Z.

c. *Magazine Tool / ATC*

Beberapa mesin CNC ada yang dilengkapi dengan sebuah alat yang berfungsi untuk pertukaran mata pahat. Dalam suatu pemrograman mesin CNC, biasanya digunakan lebih dari satu mata pahat. Pertukaran mata pahat satu dengan lain, dilakukan secara otomatis sesuai dengan kode yang tertera pada program *G-code*. *Magazine* memiliki banyak celah untuk *tool*, yaitu antara 8 sampai 24 celah, seperti yang tampak pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Automatic Tool Changer (ATC) Mesin CNC*

Bagian kedua merupakan komponen elektrik, merupakan bagian yang berfungsi memberikan tenaga ke komponen mekanik supaya bergerak sesuai perintah kontroler, yaitu sistem *drive*.



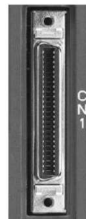
Gambar 2.6 *Servo Drive ASDA A2 dengan 7 Ports*

Sistem ini terdiri dari motor dengan driver serta sekrup yang mampu merubah program yang diberikan menjadi sebuah gerakan. Komponen pertama dari sistem *drive* adalah sebuah sekrup dengan tingkat kepresisian yang sangat tinggi, biasa disebut dengan *ball-screw*. Komponen kedua yang menyusun sistem *drive* adalah *servo drive* dan motor *drive*.

Pada *servo drive* biasanya terdapat beberapa konektor yang difungsikan untuk beberapa *wiring* pengaturan. Contohnya, seperti pada *servo drive* DELTA ASDA A2, yang memiliki 7 *port*, seperti pada Gambar 2.6. Spesifikasi *servo drive* DELTA ASDA A2 tertera pada Tabel 3.1. 7 *port* tersebut, yaitu:

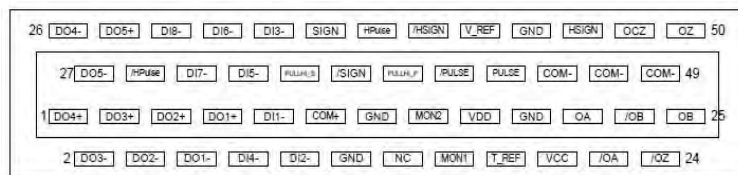
a. *Port CN1*

Port ini ditunjukkan pada Gambar 2.7, berfungsi sebagai I/O konektor. Dengan mengakses pin pada konektor ini, dapat dilakukan beberapa pengaturan seperti *servo on* dan *eksternal pulse command*. *Layout* pin *port* CN1 dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.7 Konektor *Port* CN1

Untuk beberapa tipe *servo drive* dari DELTA, pengaturan pulsa masukan dapat dilakukan secara eksternal melalui *port* ini.



Gambar 2.8 *Layout* Pin *Port* CN1

b. *Port CN2*

Fungsi dari *port* ini adalah sebagai koneksi antara enkoder motor dengan *servo drive*. Konektor *port* CN2 ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Konektor *port* CN2

c. *Port CN3*

Port CN3, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.10, digunakan untuk komunikasi dengan menggunakan kabel RS-485/ RS-232. Pada beberapa tipe *servo drive* DELTA, *port* ini digunakan untuk mengkoneksikan *servo drive* dengan *software* ASDAsoft melalui PC.



Gambar 2.10 Konektor *port* CN3

d. *Port CN4*

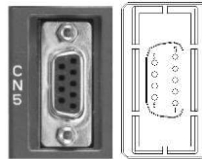
Saat operator ingin mengakses *servo drive* menggunakan *software* ASDAsoft, maka operator dapat mengakses *servo drive* melalui *port* ini. *Port* ini berfungsi sebagai konektor USB pada PC. Konektor *port* CN4 ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Konektor *port* CN4

e. *Port CN5*

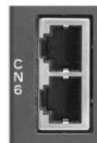
Pengaturan *full-closed control* pada *servo drive* dilakukan dengan cara mengakses *port* CN5, konektor *port* ini ditunjukkan pada Gambar 2.12. Pada beberapa tipe *servo drive*, untuk memberikan pulsa masukan secara eksternal dapat melalui *port* ini.



Gambar 2.12 Konektor *port* CN5

f. *Port CN6*

Pada *servo drive* DELTA, jika operator ingin melakukan komunikasi *CANopen* melalui *servo drive*, maka digunakan *port* CN6, seperti pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Konektor *port* CN6

g. *Port CN7*

Jika pin pada *port* CN1 telah digunakan semua, maka operator dapat menggunakan *port* CN7 sebagai perpanjangan DI/O, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.14.

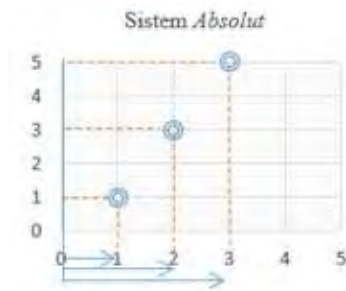


Gambar 2.14 Konektor *port* CN7

Yang terakhir adalah komponen kontroler, bagian ini merupakan bagian yang berfungsi mengatur seluruh kegiatan mesin atau merupakan otak dari sebuah mesin CNC. Biasanya kontroler mesin tertanam pada sebuah *operation panel*. Bagian ini berupa sebuah kotak yang berisikan tombol-tombol beserta monitor yang mampu menampilkan segala informasi dan parameter pengaturan mesin CNC.

2.1.3 Pengoperasian Mesin CNC *Milling*

Secara umum, cara mengoperasikan mesin CNC yaitu dengan cara memasukkan perintah numerik melalui tombol-tombol yang tersedia pada kotak kontrol mesin. Masing-masing pengoperasian mempunyai kode atau perintah sendiri. Pengoperasian mesin CNC dapat dilakukan dengan dua macam cara, yaitu:



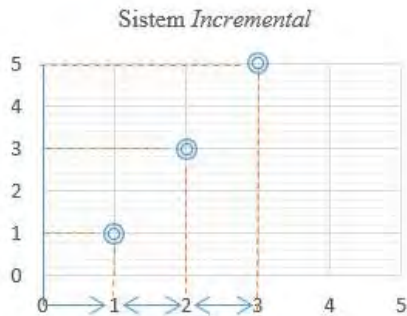
Gambar 2.15 Sistem *Absolute*

a. Sistem *Absolute*

Pengoperasian mesin dengan sistem *absolute*, yaitu dengan cara menentukan suatu koordinat sebagai titik referensi awal seperti pada Gambar 2.15. Operator dapat menentukan titik referensi sesuai dengan kebutuhan. Selama proses operasi mesin berlangsung, yang menjadi acuan koordinat merupakan titik referensi awal mesin. Dalam pemrograman menggunakan *G-code*, sistem ini diwakili oleh kode G90. Untuk mesin *Milling*, titik referensi diletakkan pada bagian ujung sumbu benda kerja yang akan dikerjakan.

b. Sistem *Incremental*

Pada sistem *incremental*, titik referensi yang digunakan sebagai acuan adalah letak koordinat terakhir dari mata pahat selama menjalankan program. Jadi, pada saat mesin beroperasi menggunakan sistem ini, titik referensi selalu berubah selama proses operasi berlangsung, seperti pada Gambar 2.16. Sistem ini dipanggil dalam pemrograman dengan menggunakan *G-code* G91. Sistem ini berlaku sama untuk mesin CNC *Milling* maupun *Lathe*.



Gambar 2.16 Sistem *Incremental*

2.2 Operation Panel Mesin CNC

Setiap mesin CNC selalu mempunyai sebuah penghubung antara mesin dengan operator, yang disebut *operation panel*. Bagian ini berupa sebuah monitor dan sebuah panel berisikan tombol-tombol operasional yang terpisah. Setiap tombol yang terdapat pada panel, merepresentasikan perintah yang berbeda dalam proses operasi sebuah mesin CNC.

2.2.1 Sejarah *Operation Panel* Mesin CNC

Pada awal munculnya *operation panel* mesin CNC, penggunaan benda ini terbatas untuk mesin-mesin tertentu. Pada saat itu, satu *operation panel* hanya didesain khusus untuk mengatur satu mesin yang spesifikasinya sesuai. Panel yang pertama kali merupakan sebuah

monitor dengan tampilan *alphanumeric*. Akan tetapi, penggunaannya dihentikan, karena kebutuhan tegangan yang sangat tinggi untuk mengoperasikan panel ini sangat berbahaya.

Agar dapat menyederhanakan sistem kendali untuk mesin CNC ini, penggunaan beberapa komponen dikurangi, akan tetapi beberapa fungsi lain tetap ditambahkan. Dalam perkembangannya, hal ini dipengaruhi oleh *microelectronic* yang akhirnya menimbulkan kemajuan pada *microprosesor* mesin, media penyimpanan yang lebih besar, serta harga yang lebih terjangkau. Walaupun begitu, suatu sistem yang sederhana tetap memerlukan waktu proses yang lama serta memerlukan biaya. Hal ini dikarenakan, mesin tidak dapat beroperasi saat dalam proses memasukan data program.

Perkembangan selanjutnya, yaitu sebuah *operation panel* yang tetap dapat beroperasi dalam proses pembentukan benda meskipun saat proses pemasukan data berlangsung. Akan tetapi, saat program telah dimasukan dan mesin menjalankan program tersebut, tidak ada kesempatan bagi operator untuk mencoba atau memperbaiki program tersebut. Apabila terdapat kesalahan pada program tersebut, maka mesin tetap berjalan apa adanya. Setelah itu, mulai berkembang *operation panel* dengan tampilan grafik. Perkembangan ini mampu menghilangkan kekurangan-kekurangan pada *operation panel* sebelumnya.

Pada era modern, proses pemasukan data pada mesin CNC selalu berhubungan dengan sebuah sistem integrasi yang diakses melalui monitor. Semua operasi yang berlangsung dapat ditampilkan pada monitor, setiap program yang diberikan pada mesin CNC, hingga proses pembentukan bentuk berdasarkan koordinat dari *G-code* dapat dipantau melalui monitor.

Beberapa data yang dimasukan juga tidak lagi perlu menggunakan format dan alamat seperti yang ada pada *G-code*, seperti *X, Z, G, F, S, T* dan *M*, tetapi cukup diwakili dengan simbol khusus atau fungsi tombol khusus. Setiap program yang dimasukan pada mesin CNC juga dapat disimpan sehingga dapat dipanggil ulang tanpa harus memasukan ulang data.

Perkembangan fungsi pada *operation panel* yang sedemikian rupa menjadikan memainkan benda ini *user-friendly*, sehingga dapat secara cepat diterima dan digunakan pada industri. Proses pemasukan data merupakan hal yang membosankan dan menjadi satu masalah pada awal perkembangan *operation panel*. Akan tetapi, seiring dengan perkembangan teknologi, proses pemasukan data program secara

manual bukan merupakan hal yang susah. Jika operator terbiasa dengan sistem manual, maka untuk melakukan pemrograman berbagai benda kerja yang kompleks akan terasa mudah.

2.2.2 Mode Pada *Operation Panel* Mesin CNC

Pada tiap *operation panel* secara umum terdapat dua mode *function*, yaitu:

A. *Function Group*

Function Group merupakan salah satu mode pada *operation panel*, mode ini terdiri dari kumpulan beberapa fungsi yang digunakan dalam proses produksi (pembentukan benda) atau sebagai pengatur jalannya aksis. Terdapat beberapa fungsi, yaitu:

a. *AUTO MODE*

Dengan menggunakan mode *auto*, operator dapat menjalankan program yang diberikan pada mesin CNC tanpa melakukan perubahan atau koreksi pada program. Jadi, cara kerja mode ini yaitu, saat suatu program diberikan pada mesin CNC, maka mesin akan membaca dan beroperasi sesuai program yang diberikan. Mesin akan tetap beroperasi seperti biasa tanpa menghiraukan kesalahan pada program.

b. *EDIT MODE*

Membuat program untuk mesin CNC dapat dilakukan secara internal melalui *operation panel*, atau secara eksternal menggunakan *software* CAD. Jika menggunakan mode ini, operator dapat melakukan perbaikan program atau membuat program *G-code* pada *operation panel* secara langsung. Akan tetapi, selama proses pembuatan atau koreksi berlangsung, proses kerja mesin tidak akan terganggu.

c. *MANUAL MODE (MDI)*

Saat mengatur motor dengan menggunakan mode ini, operator dapat melakukan perbaikan atau pembuatan

program pendek yang dapat diproses atau dijalankan saat itu juga.

d. *MPG MODE*

Manual Pulse Generator (MPG) merupakan mode untuk mengatur posisi aksis mesin sesuai dengan keinginan operator melalui sebuah *knob* atau biasa disebut *handwheel*. Biasanya, operator akan menggunakan mode ini saat ingin mengatur koordinat benda kerja agar lebih presisi atau seperti yang diinginkan.

e. *JOG MODE*

Fungsi dari mode JOG sebenarnya sedikit mirip dengan MPG. Akan tetapi, untuk menjalankan aksis menggunakan mode ini operator harus menekan tombol pada *operation panel* sesuai dengan kebutuhan aksis mana yang ingin diatur.

f. *HOME MODE*

Home merupakan mode yang berfungsi untuk mengembalikan posisi aksis pada koordinat 0 mesin. Jadi, pada koordinat berapapun aksis berada, jika tombol *Home* ditekan maka aksis akan kembali ke koordinat 0 mesin.

B. *System Group*

Mode lainnya berfungsi untuk memantau proses operasi mesin, atau biasa disebut *system group*. Tidak berbeda dengan mode *function group*, mode ini terdiri dari beberapa fungsi yang sering digunakan selama proses operasi mesin berlangsung. Mode ini sangat membantu operator untuk memantau operasi mesin, terutama jika terjadi kesalahan yang dapat menyebabkan nyalanya *alarm*, atau untuk melakukan pengaturan mesin melalui parameter. Beberapa fungsi yang terdapat pada mode ini, yaitu:

a. *POS Group*

POS group merupakan mode yang digunakan untuk menampilkan data mekanikal mesin. Selain itu pada mode

ini, operator dapat mengetahui letak absolut dan relatif koordinat mesin. Data yang ditampilkan pada *operation panel* yaitu letak koordinat dari 3 aksis (X, Y, Z).

b. PRG Group

Program (PRG) group merupakan mode yang digunakan untuk menampilkan data dan sebagai pengelola program yang disimpan dalam mesin CNC. Selain itu, mode ini digunakan untuk mengakses program yang dimasukan operator melalui *flashdisk*. Mode ini hanya dapat digunakan untuk membaca *file* program pada *flashdik*, tetapi tidak dapat melakukan proses *edit*.

c. OFS Group

Untuk melakukan pengaturan koordinat benda kerja, mata pahat mesin dan variabel makro yang digunakan selama mesin beroperasi. Dalam tampilan mode ini juga akan tampil letak koordinat aksis mesin. OFS

d. DGN Group

Diagnose (DGN) group adalah mode yang berfungsi untuk menampilkan informasi tentang mesin, *user variable*, pemantauan sistem, dll. Pada mode ini tidak dapat dilakukan pengaturan atau perubahan pada pengaturan *servo drive*, mode ini hanya digunakan untuk menampilkan informasi

e. ALM Group

Fungsi dari mode *alarm* ini, yaitu pada saat terjadi kesalahan pada sebelum, saat, atau setelah mesin beroperasi, maka akan muncul peringatan kesalahan. Kesalahan ditampilkan pada *operation panel* berupa kode-kode yang merepresentasikan kesalahan yang terjadi.

f. GRA Group

Mode *Graphic* digunakan untuk melakukan monitoring pada saat mesin sedang melakukan suatu program yang diberikan. Operator memastikan proses kerja mesin melalui mode ini.

g. *PAR Group*

Parameter (*PAR*) *group* adalah mode yang digunakan saat operator ingin mengatur parameter mesin. Semua tampilan mengenai parameter mesin dapat diakses operator melalui mode ini.

2.3 MACH3

MACH3 merupakan sebuah *software* yang berfungsi sebagai kontroler untuk mesin CNC. *Software* ini bekerja dengan cara menerjemahkan program yang diberikan pada mesin. Melalui program tersebut, *tool* mesin dikendalikan agar dapat bergerak dan memotong benda kerja. *Software* ini bekerja pada sebuah PC dengan *operating system* Windows 2000, Windows XP atau Windows 32-bit Vista. PC yang terinstal *software* ini berperan sebagai kontroler mesin, lalu mengirimkan sinyal perintah ke *driver*.

Software ini dapat dikatakan cukup fleksibel, karena dapat menjadi kontroler untuk berbagai macam mesin CNC, seperti *Milling*, *Lathe*, *Plasma Cutter*, serta *Router*. Cara kerja dari *software* ini merupakan penerapan dari fitur-fitur istimewa yang terdapat pada mesin-mesin CNC tersebut. Penerapan fitur tersebut bertujuan agar *software* ini mampu bekerja sesuai dengan kondisi nyata mesin, fitur –fitur tersebut, yaitu:

- a. Tombol untuk *Emergency Stop* yang berfungsi untuk menghentikan seluruh proses yang terjadi pada mesin saat itu juga. Tombol ini selalu ada pada semua mesin, karena merupakan protektor saat terjadi kesalahan operasi pada mesin.
- b. Pergerakan yang dapat mengatur 2 atau 3 aksis (X, Y, Z) secara bersamaan.
- c. Sebuah *tool* yang bergerak relatif terhadap benda kerja.
- d. Pergerakan relatifnya dapat berupa, (1) *tool* atau mata pahat yang bergerak terhadap benda kerja, (2) meja dan benda kerja yang bergerak terhadap mata pahat atau *spindle*.

- e. Mengembalikan posisi aksis atau *tool* mesin pada posisi HOME atau koordinat awal mesin yang telah ditentukan.
- f. Pengaturan limit untuk *over travel* pada pergerakan mesin.
- g. Fungsi enkoder, seperti *linear glass scales* yang mampu menampilkan letak koordinat dari aksis suatu mesin.
- h. Pengaturan untuk menyemprotkan *coolant* untuk mata pahat mesin agar tidak mudah panas dan terjadi kerusakan.
- i. Menyalakan serta mematikan *spindle*.
- j. Pergantian *tool* atau mata pahat pada *magazine* mesin dengan kapasitas penyimpanan hingga 256 jenis mata pahat yang berbeda. Akan tetapi, untuk melakukan pergantian mata pahat harus dilakukan dengan pemrograman makro.

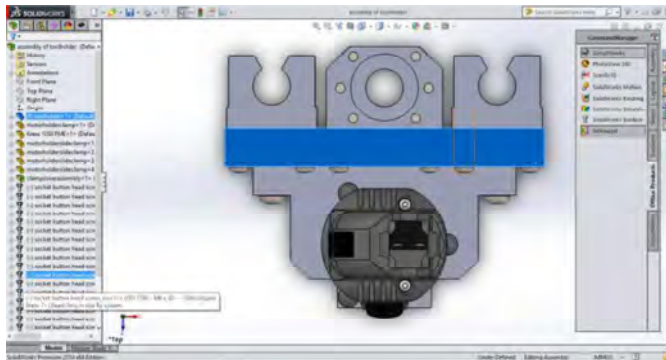
Komunikasi yang digunakan antara MACH3 dengan mesin yaitu melalui *port* paralel dari PC. Akan tetapi, apabila pada PC tidak terdapat *port* paralel maka diperlukan adanya sebuah *motion controller* menggunakan USB atau ethernet sebagai media komunikasinya.

MACH3 mampu membangkitkan pulsa *step* dan *direction* yang didefinisikan melalui program *G-code*. Setelah itu, sinyal tersebut dikirim melalui *port* paralel atau *motion controller* ke *driver* untuk dapat menggerakkan *tool* mesin. Salah satu kehandalan dari *software* ini yaitu, mampu digunakan untuk mengatur hingga 6 aksis secara bersamaan, melakukan pergerakan interpolasi melingkar pada 2 aksis (X, Y) dengan gerak interpolasi linier secara bersamaan.

2.4 Solidworks / CAD

Solidworks merupakan sebuah *software* untuk membuat desain 3D yang mampu dikembangkan oleh pengguna untuk melakukan analisis. Dengan *software* ini, pengguna mampu membuat sketsa ide serta bereksperimen dengan berbagai macam desain berbeda untuk membuat model 3D. Pengguna *software* ini beragam, dari berbagai macam kalangan mulai dari pelajar, teknisi, desainer dan kalangan profesional untuk keperluan mendesain *part* kompleks, *assembly* dan menggambar. Mendesain dengan menggunakan Solidworks mempunyai banyak

keuntungan, salah satunya lebih menghemat waktu, tenaga dan biaya. Keunggulan *software* ini jika dibandingkan *software* CAD lain yaitu, adanya fitur untuk melakukan analisa pada desain yang dibuat serta fitur untuk mensimulasikan desain yang terintegrasi dengan *software* lain.



Gambar 2.17 Tampilan layar kerja pada *Software* Solidworks untuk melakukan perancangan mesin CNC yang digunakan untuk simulasi.

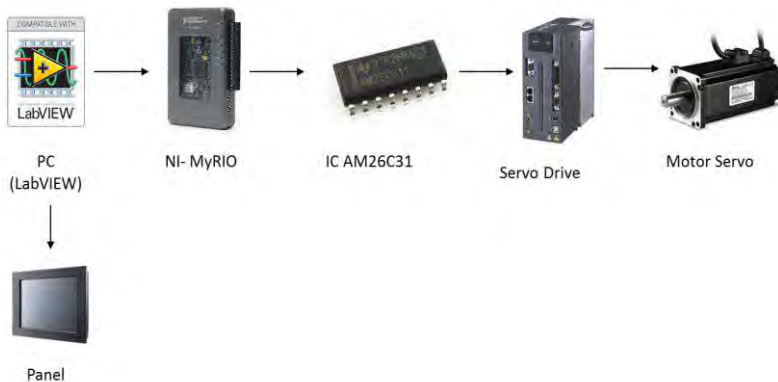
BAB III

PERANCANGAN OPERATION PANEL UNTUK MESIN CNC MILLING

3.1 Perancangan *Operation Panel* serta Koneksi *Hardware*

Perancangan *operation panel* untuk mesin CNC, dikerjakan dengan dua cara. Salah satunya yaitu perancangan dengan koneksi langsung pada *hardware*. Dalam perancangan alat ini, dibutuhkan beberapa *hardware* yang mampu bekerja satu sama lain untuk berbagi informasi antar sesama perangkat. Alur koneksi *operation panel* secara *hardware* tertera pada Gambar 3.1.

Proses pertama dalam koneksi *operation panel* secara *hardware* dimulai dari PC dengan menggunakan *software* LabVIEW. Dengan menggunakan *software* ini dibuat sebuah program untuk HMI *operation panel* mesin CNC. Pemrograman dibuat untuk membangkitkan pulsa yang dibutuhkan oleh *servo drive* agar dapat menggerakkan motor drive. Pulsa yang dibutuhkan adalah pulsa *step* untuk mengatur kecepatan putar motor dengan merubah frekuensi masukan dan pulsa *dir* yang digunakan untuk mengubah arah putar dari motor. Spesifikasi jenis pulsa yang dibutuhkan *servo drive* diterangkan pada *manual book* dari *servo drive* DELTA ASDA 2 pada Lampiran.



Gambar 3.1 Koneksi *Operation Panel* Secara *Hardware*

Pulsa yang dibangkitkan melalui program, selanjutnya diakses melalui sebuah *interface* yang menjadi jembatan penghubung antara *software* LabVIEW dengan *servo drive*. Perangkat yang digunakan sebagai *interface* adalah sebuah *hardware* dari National Instrument, yaitu NI-MyRIO, seperti pada Gambar 3.2. Perangkat ini mempunyai spesifikasi khusus pada tiap-tiap pin yang ingin diakses. Penggunaan pin pada perangkat ini berdasarkan kebutuhan serta program yang dibuat oleh pengguna.



Gambar 3.2 NI-MyRIO *Hardware*

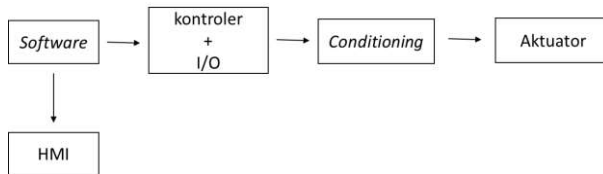
Keluaran dari perangkat NI-MyRIO adalah berupa tegangan yang besarnya sesuai dengan nilai pada pin yang diakses. Pada pemrograman yang dibuat, pin yang di akses merupakan pin *Digital Output* My-RIO yang bernilai 3.3V, sedangkan spesifikasi yang diperlukan oleh *servo drive* untuk dapat menggerakkan motor adalah tegangan sebesar 5V. Oleh karena itu, digunakan sebuah IC yang berfungsi sebagai *conditioning*. IC ini mampu menaikkan tegangan keluaran My-RIO menjadi sebesar 5V. IC yang digunakan adalah AM26C31.

Pada saat tegangan keluaran LabVIEW sudah dapat mencapai 5V, tegangan tersebut masuk pada *servo drive* untuk kemudian diproses agar mampu menggerakkan motor *servo*. Akan tetapi, sebelum dapat menggerakkan motor *servo* secara eksternal melalui *servo drive*, perlu dilakukan beberapa pengaturan parameter.

Motor *servo* hanya dapat digerakkan apabila motor dalam keadaan *servo on* (SON). Walaupun semua prosedur dan parameter *servo drive* telah diatur sesuai dengan spesifikasi, motor tidak akan dapat bergerak apabila SON belum dalam keadaan aktif. Untuk mengaktifkan SON pada motor *servo*, perlu dilakukan *wiring* khusus pada *servo drive* melalui *port* CN1 atau melalui pengaturan parameter.

Seluruh proses pengendalian dan pemantauan gerak motor *servo*, dilakukan melalui *HMI operation panel* yang telah dibuat menggunakan

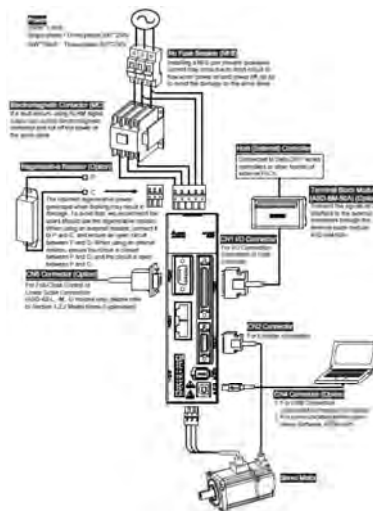
LabVIEW. Lalu, HMI tersebut diakses pada sebuah panel layar sentuh. Penggunaan layar sentuh bertujuan sebagai pengganti tombol mekanik yang biasanya digunakan pada suatu *operation panel*. Fungsi dari tiap komponen yang digunakan pada perancangan HMI *operation panel* mesin CNC tertera pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Blok Diagram Fungsi Tiap Komponen pada Perancangan HMI *Operation Panel* Mesin CNC

3.1.1 Pengaturan Koneksi *Servo Drive* pada Mesin CNC

Pada perancangan *operation panel*, mesin *Milling* yang digunakan untuk uji coba alat menggunakan *servo drive* DELTA ASDA A2, seperti yang tertera pada Gambar 2.6.



Gambar 3.4 Wiring *Servo Drive* ASDA A2

Agar motor *servo* mampu dikendalikan secara eksternal, maka harus dilakukan *wiring* terlebih dahulu seperti pada Gambar 3.4. *Wiring* dilakukan sesuai dengan fungsi dari masing-masing port yang ada pada *servo drive*.

Pengaturan *servo drive* DELTA ASDA A2 dapat dilakukan dengan 2 cara. Pertama memberikan pulsa masukan secara internal menggunakan *software* ASDAsoft, yang kedua secara eksternal menggunakan *software* MACH3 atau kontroler lain. Agar dapat melakukan pengaturan motor *servo* secara eksternal, digunakan *port* CN1 atau CN5.

A. Port CN1

Port CN1 digunakan sebagai *DigitalOutput/Input* (DI/O). Salah satu yang termasuk dalam pengaturan DI/O adalah *servo on* (SON). Agar motor dapat berputar saat diberikan perintah secara eksternal, perlu dilakukan pengaturan untuk mengaktifkan SON terlebih dahulu. Pengaturan ini dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu: melakukan pengaturan parameter atau melalui *wiring* pada pin pada *port* CN1.

Pada perancangan *operation panel* mesin CNC, digunakan cara *wiring* untuk mengaktifkan SON pada *port* CN1. Seperti pada Gambar 3.6, untuk mengaktifkan SON, koneksikan pin DI1 dengan –COM, lalu pin VDD dengan COM+.

Setelah melakukan *wiring* SON, dilakukan *wiring* untuk memberikan pulsa masukan secara eksternal melalui *servo drive*. *Wiring* untuk pulsa masukan dilakukan pada mode *Position Control Mode* (PT). Skema *wiring* ditampilkan pada Gambar 3.5.

Pemberian pulsa masukan secara eksternal pada *servo drive* memerlukan sebuah IC yang berfungsi sebagai *conditioning*. Oleh karena itu, digunakan IC AM26C31, konfigurasi pin IC ini ditunjukkan pada Gambar 3.7. Jadi, proses pemberian pulsa secara eksternal yaitu melalui program yang dibuat menggunakan LabVIEW, diakses melalui *interface* My-RIO.

Setelah itu, keluaran dari My-RIO diteruskan menuju rangkaian *conditioning* IC AM26C31, sampai akhirnya dapat diolah pada *servo drive*. Koneksi *wiring* secara keseluruhan dijelaskan pada Tabel 3.1.

Fungsi dari penggunaan IC ini, yaitu untuk menaikkan tegangan keluaran dari perangkat NI-MyRIO yang bernilai 3.3V menjadi

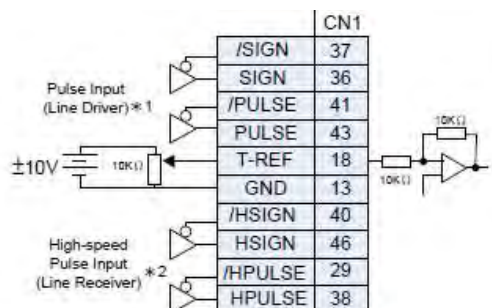
5V. Selain itu, IC ini berfungsi sebagai pembagi pulsa *step* dan *dir* yang dibangkitkan oleh LabVIEW.

Tabel 3.1 Koneksi *Wiring Port* CN1 untuk Pengaturan Eksternal

My-RIO	IC AM26C31	Port CN1
GND	GND	-
GND	/G	-
PWM0 (DIO8)	1A	-
AO0	2A	-
+5V	G	-
+5V	VCC	-
-	1Y	PULSE (Pin 43)
-	1Z	/PULSE (Pin 41)
-	2Y	SIGN (Pin 36)
-	2Z	/SIGN (Pin 37)

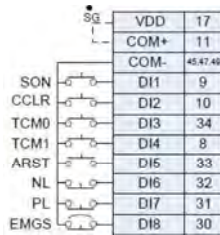
B. Port CN5

Port CN 5 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.12, berfungsi untuk melakukan *full-closed control*. Dengan mengakses *port* ini, pengguna dapat mengetahui posisi aksis melalui sinyal umpan balik yang diberikan motor. Untuk beberapa tipe *servo drive* dari DELTA ASDA A2, pemberian pulsa masukan secara eksternal dapat dilakukan melalui *port* ini. Spesifikasi dari masing-masing pin pada *port* CN5, dapat dilihat pada Lampiran.



Gambar 3.5 Wiring Port CN1 pada *Position Control Mode*

Pemberian pulsa masukan secara eksternal juga dapat dilakukan melalui *port* CN5. Sama seperti koneksi pada *port* CN1, pengkoneksian melalui *port* CN5 membutuhkan sebuah IC yang berfungsi sebagai *conditioning*.



Gambar 3.6 *Wiring Pengaturan Servo On*

Oleh karena itu, pengkoneksian menggunakan *port* CN5 juga memerlukan penggunaan IC AM26C31. Jadi, untuk koneksi pada *port* CN5 dimulai dari pemrograman LabVIEW yang diakses melalui *interface* NI-MyRIO, selanjutnya hasil keluarannya diteruskan menuju ke IC *conditioning*, sampai akhirnya masuk pada *servo drive* dengan mengakses *port* CN5. Koneksi *wiring* untuk mengakses *port* CN5 ditunjukkan pada Tabel 3.2.

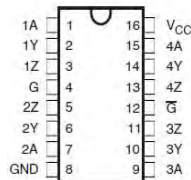
Tabel 3.2 Koneksi *Wiring Port* CN5 Untuk Pengaturan Eksternal

NI-MyRIO	IC AM26C31	<i>Port</i> CN5
GND	GND	Pin 6
GND	/G	Pin 7
5V+	G	Pin8
5V+	Vcc	-
A0	2A	-
PWM (DIO8)	1A	-
-	1Y	Pin 2
-	1Z	Pin 3
-	2Y	Pin 4
-	2Z	Pin 5

Selain melakukan *wiring* pada *port servo drive*, untuk memberikan pulsa masukan secara eksternal perlu dilakukan pengaturan beberapa

parameter pada *servo drive* itu sendiri. Biasanya, parameter *default* pada setiap *servo drive* difungsikan untuk melakukan pengaturan motor secara internal.

Untuk dapat mengetahui parameter apa saja yang perlu diatur agar *servo drive* dapat dikendalikan secara internal, dapat dilihat pada *manual book servo* itu sendiri. Beberapa parameter memang difungsikan untuk melakukan perubahan pada proses kerja *servo*, lalu beberapa lagi difungsikan untuk dapat memonitor proses kerja pada *servo*.

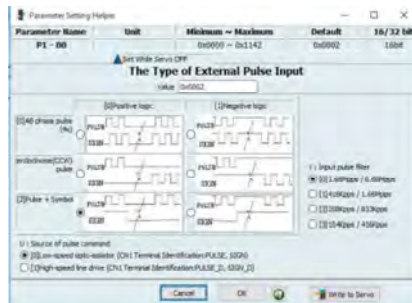


Gambar 3.7 Konfigurasi Pin Pada IC AM26C31

Untuk dapat melakukan pengaturan dengan pemberian pulsa masukan dari luar. Ada beberapa parameter pada *servo drive* yang perlu dirubah, yaitu:

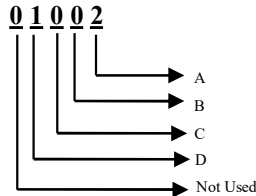
a. Parameter P1 – 00

Parameter ini digunakan untuk pengaturan jenis pulsa masukan secara eksternal. Selain itu, pengaturan ini juga digunakan untuk memilih jenis *source of command* yang digunakan dan juga filter pulsa, seperti pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Pengaturan Parameter P1-00

- A: Input pulse type = 2: Pulse + Direction
 B: Input pulse filter = 0: 6.66Mpps
 C: Input polarity = 0: Positive Logic
 D: Source of pulse command = 1: Line driver for high-speed pulse



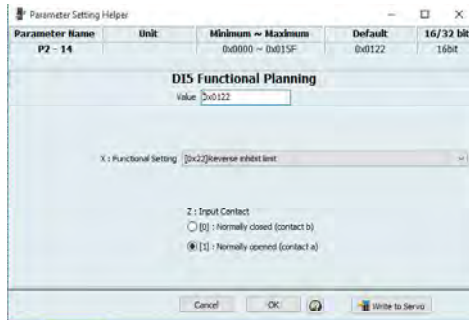
- b. Parameter P1 – 01
 Parameter ini digunakan untuk menentukan mode pengaturan dan arah putar motor. Pada pengaturan parameter ini, nilai yang diberikan adalah 0X00. Dengan memberikan nilai tersebut pada P1-01, seperti pada Gambar 3.9. Berarti mode yang dipilih operator untuk pengaturan mesin adalah PT (Position and Control Mode) dengan arah putar motor forward.



Gambar 3.9 Pengaturan Parameter P1-01

- c. Parameter P2- 14
 Parameter ini digunakan untuk mengatur *reverse inhibit limit* atau biasa dikenal *over travel* pada mesin.

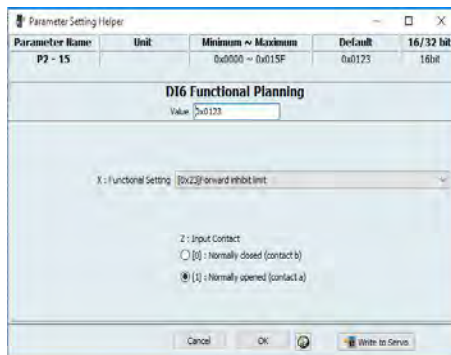
Pada pengaturan parameter ini, nilai yang diberikan adalah 122, seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Pengaturan Parameter P2-14

d. Parameter P2-15

Parameter ini digunakan untuk mengatur *forward inhibit limit* atau biasa dikenal *over travel* pada mesin. Pada pengaturan parameter ini, nilai yang diberikan adalah 123 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Pengaturan Parameter P2-15

e. Parameter P2-16

Parameter ini digunakan untuk mengatur tombol *emergency stop*, jika pada saat mesin beroperasi lalu terjadi kesalahan. Pada

pengaturan parameter ini, nilai yang diberikan adalah 121 seperti pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Pengaturan Parameter P2-16

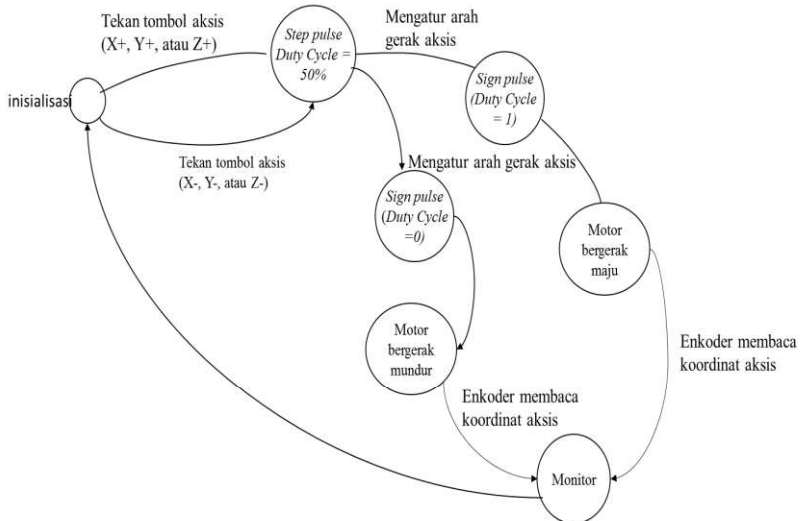
3.1.2 Pemrograman untuk Koneksi ke *Servo Drive*

Pada pembuatan HMI untuk *operation panel CNC*, dilakukan pemrograman dengan menggunakan *software* LabVIEW. *Software* ini digunakan untuk pemrosesan dan visualisasi data dalam bidang akuisisi data, kendali instrumentasi serta otomasi industri. Pemrograman yang dilakukan pada LabVIEW berupa grafik dan aliran data yang menentukan eksekusi dari program.

Pada pemrograman HMI, dibuat salah satu mode dalam *function group*, yaitu mode JOG. Mode ini digunakan saat operator ingin mengatur letak aksis sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Mode ini bekerja saat operator menekan tombol sesuai aksis yang dituju pada tampilan HMI *operation panel*. Pada saat tombol aksis (X+, Y+ atau Z+) ditekan, aksis akan bergerak maju atau berputar mengikuti arah jarum jam. Hal ini terjadi karena pada saat tombol ditekan, LabVIEW membangkitkan pulsa *step* serta *sign* dengan nilai PWM 1 melalui program yang dibuat. Pada saat operator menekan tombol aksis (X-, Y-, Z-) pada HMI *operation panel*, maka sebaliknya motor akan bergerak mundur atau berputar berlawanan dengan arah jarum jam. Gerakan putar berlawanan arah jarum jam terjadi karena pada saat tombol ditekan, LabVIEW membangkitkan pulsa *step* yang berfungsi untuk mengatur kecepatan gerak motor dan pulsa *sign* dengan nilai

PWM 0, hal ini yang memengaruhi arah gerak dari motor atau aksis mesin. *State machine diagram* untuk program JOG dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 *State Machine Diagram* Mode JOG

Agar dapat membangkitkan pulsa dari LabVIEW, diperlukan sebuah penghubung dari *software* ke *servo drive*. Oleh karena itu, digunakan NI-MyRIO. Alat ini merupakan sebuah sistem *embedded*, yang penggunaannya dapat disesuaikan oleh kebutuhan pengguna. Alat ini bekerja dengan standar industri namun mudah untuk dipelajari. Spesifikasi dari NI-MyRIO dijelaskan pada Tabel 3.3.

MyRIO berfungsi sebagai pemberi pulsa masukan untuk *servo drive*. Oleh karena itu, sebelum dapat mengakses *port* pada *servo*, keluaran dari myRIO harus terlebih dahulu masuk pada IC AM26C31.

HMI untuk perancangan *operation panel* mesin CNC dibuat dengan menggunakan *software* LabVIEW. Pemrograman untuk perancangan *operation panel* ini, dibuat dalam bentuk modul-modul yang merepresentasikan tiap mode pada *function group*.

Mode-mode yang dibuat pada perancangan *operation panel* mesin CNC, yaitu:

Tabel 3.3 Spesifikasi NI-MyRIO

Signal Name	Reference	Direction	Description
+5V	DGND	Output	+5v power output
AI <0,3>	AGND	Input	0-5V, referenced, single-ended analog input channels.
AO <0,1>	AGND	Output	0-5V referenced, single ended analog output.
AGND	N/A	N/A	Reference for analog input and output
+3,3V	DGND	Output	+3,3V power output
DIO <0,15>	DGND	Input or Output	General-purpose digital lines with 3,3V Output, 3,3/5V compatible input
UART.RX	DGND	Input	Identical to DIO lines.
UART.TX	DGND	Output	Identical to DIO lines.
DGND	N/A	N/A	For digital signals, +5V & +3,3V

a. Mode JOG

Dengan menggunakan mode ini, operator dapat mengatur letak posisi aksis mesin melalui tombol pada *operation panel*. Membuat HMI untuk mode JOG membutuhkan komponen berupa tombol yang merepresentasikan gerak tiap aksis, serta layar untuk menampilkan letak koordinat dari aksis mesin.

b. Mode EDIT

Mode ini digunakan untuk operator membuat program secara langsung pada *operation panel* mesin. Pada tampilan HMI untuk mode ini berisi kumpulan tombol yang merepresentasikan huruf dan angka sebagai *keyboard* serta sebuah layar untuk menampilkan hasil penulisan.

3.2 Perancangan Simulasi

Dengan menggunakan software 3D solid design yang bernama Solidworks, dibuat sebuah simulasi untuk pengaturan gerak aksis mesin CNC melalui *operation panel*. Untuk mengatur pergerakan mesin CNC

melalui *operation panel* pada simulasi ini, pemrograman LabVIEW dibuat menggunakan modul Softmotion.

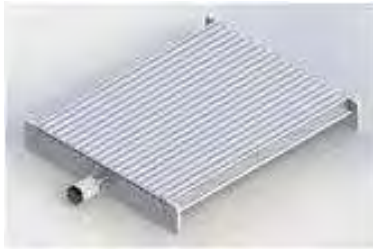
3.2.1 Perancangan Mesin CNC *Milling* untuk Simulasi

Dalam dunia mekanik, *software* ini banyak digunakan untuk membuat desain suatu *part*, *tooling* mesin, atau desain suatu produk. Kelebihan *software* ini jika dibanding dengan *software* desain 3D solid yang lain adalah, adanya fasilitas untuk simulasi dan analisis gerak yang mampu terintegrasi dengan *software* lain.

Oleh karena itu, dibuat sebuah desain 3D mesin CNC *Milling* yang akan dikendalikan pergerakannya melalui sebuah *operation panel* yang diprogram menggunakan LabVIEW. Sama seperti *software* desain lain, untuk mendesain sebuah mesin dengan Solidworks harus dibangun berdasarkan *part* penyusun.

Pada simulasi yang dibuat, desain mesin dibagi menjadi 4 bagian utama. Hal ini dilakukan agar tiap bagian mesin dapat diprogram dan bergerak seperti benda aslinya. 4 bagian utama, yaitu:

- a. Bagian pertama yaitu meja benda, dapat dilihat pada Gambar 3.14. Bagian ini merupakan *base part* yang berfungsi untuk menempatkan benda kerja saat mesin beroperasi. Pada perancangan, panjang dari meja benda dibuat sepanjang 1240mm, lebar 1030 dan tinggi 160mm.



Gambar 3.14 Desain Meja Benda Pada Desain Mesin CNC

- b. Yang kedua merupakan *column* atau yang dapat berfungsi sebagai aksis X pada mesin CNC *Milling*. Desain dari bagian ini tertera pada Gambar 3.15. Bagian mesin ini dapat bergerak maju mundur sesuai dengan perintah yang diberikan operator.

Pada perancangan mesin, tinggi *column* dibuat 520.8 mm dengan lebar 990mm. Ketebalan *plank column* setebal 20mm.



Gambar 3.15 Desain *Column* Aksis X

- c. Bagian ketiga, pada mesin disebut *spindle carriage*. Pada simulasi, bagian ini dapat berfungsi sebagai aksis Y pada mesin. Desain benda yang dibuat pada simulasi dapat dilihat pada Gambar 3.16. Spesifikasi perancangan mesin ini, dibuat dengan tinggi 458.03mm, dengan lebar 161.7mm. Pada bagian ini terdapat *ballscrew* dengan panjang 329mm dengan diameter 15mm. Pada bagian ini juga terpasang sebuah *servo* motor yang dianggap sebagai motor dari DELTA. Panjang dari motor ini adalah 128mm, dengan lebar 80mm, tinggi 65mm, diameter terluar dari motor adalah 69mm dan diameter dalam motor adalah 7mm. Bagian mesin ini bergerak sesuai dengan aksis Y, yaitu kiri dan kanan.



Gambar 3.16 Desain *Spindle Carriage* Aksis Y

- d. Yang terakhir adalah bagian *tool holder*, bagian ini berfungsi sebagai aksis Z. Desain dari bagian ini dapat dilihat pada Gambar 3.17. Panjang dari *tool holder* yaitu 300mm, lebar 170mm dan ketebalan *plank* 20mm. Spesifikasi dari *spindle* mesin ini yaitu dengan panjang 300mm dan diameter mata bor 8.4mm. Seperti pada umumnya aksis Z mesin cnc, bagian ini bergerak naik turun sesuai perintah yang diberikan operator melalui program *G-code*.



Gambar 3.17 Desain *tool holder* aksis Z

Setelah itu, semua part yang dibuat, dirangkai menjadi satu kesatuan seperti pada Gambar 3.18. Dari desain mesin CNC ini, kemudian diatur pergerakannya melalui HMI *operation panel* pada LabVIEW.



Gambar 3.18 Desain Mesin CNC *Milling*.

3.2.2 Perancangan *Operation Panel* Mesin CNC Milling untuk Simulasi

Sedikit berbeda dengan pemrograman yang dilakukan untuk koneksi dengan *hardware*. Untuk membuat simulasi yang dapat terkoneksi dengan Solidworks, digunakan modul khusus yaitu *softmotion*. Modul ini digunakan untuk menyederhanakan pemrograman.

Pada simulasi *operation panel* untuk mesin CNC, HMI dibuat dengan membagi tampilan dalam 2 jenis. Tampilan Utama pada HMI berisi tombol yang merepresentasikan mode HOME, JOG, *circular motion*, *knob* pengatur kecepatan motor, AUTO, serta monitor untuk menampilkan koordinat.

Tampilan kedua, yaitu merupakan mode EDIT. Dengan menggunakan mode ini operator dapat membuat program *G-code* pada monitor secara langsung.

BAB IV

HASIL SIMULASI DAN IMPLEMENTASI

4.1 Prosedur Pengujian dengan Koneksi *Hardware*

Prosedur pengujian *operation panel* secara koneksi *hardware* dilakukan berdasarkan urutan perancangan sistem. Sebelum melakukan uji coba *operation panel* secara keseluruhan, dilakukan pengujian serta pengambilan data dari masing-masing komponen yang membangun sistem.

Pengujian pertama dilakukan dengan pengambilan data dari program LabVIEW yang dibuat. Untuk dapat melakukan pengukuran tegangan dan melihat pulsa keluaran dari program ini, dibutuhkan sebuah *interface*. Oleh karena itu digunakan perangkat NI-MyRIO. Dengan menggunakan perangkat ini, pemrograman yang dibuat pada LabVIEW juga menjadi lebih mudah. Untuk dapat membangkitkan sinyal *sign*, pada myRIO digunakan pin *analog output* (AO) yang berada pada konektor MXP A, yaitu pin AO0. Sedangkan untuk menghasilkan sinyal *pulse*, diakses pin DI/O pada konektor MXP A, yaitu pin PWM0.

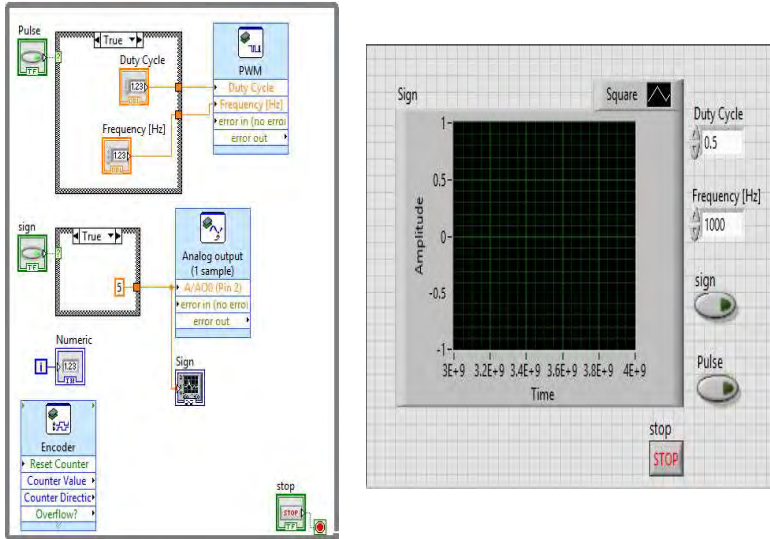
Pengujian sinyal dan tegangan keluaran dari LabVIEW dilakukan dengan cara mengkoneksikan NI-MyRIO dengan osiloskop, sehingga saat program pada LabVIEW dijalankan, pada osiloskop akan tampak sinyal keluaran yang dibangkitkan. Akan tetapi, sebelum melakukan pengukuran dengan osiloskop, perlu dilakukan kalibrasi pada osiloskop yang akan digunakan. Kalibrasi dilakukan agar pembacaan terhadap hasil keluaran yang diukur bernilai lebih akurat.

4.1.1 Pengukuran Pulsa keluaran LabVIEW menggunakan Osiloskop

Pengukuran dilakukan dari hasil pemrograman LabVIEW yang dibuat. Pada Gambar 4.1 merupakan program yang digunakan untuk menjalankan motor *drive*. Dari program tersebut dibuat menjadi *subVI* (*Virtual Instrument*) pada LabVIEW, yang kemudian dapat dimodifikasi sehingga menjadi sebuah program yang mewakili mode-mode pada *function group*.

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa ada dua pulsa yang dibangkitkan, yaitu *pulse* dan *sign*. Untuk membangkitkan *pulse*,

digunakan *expressVI* dari myRIO untuk membangkitkan PWM. Pulsa tersebut diakses melalui konektor MXP (MyRIO *Expansion Port*) A, pada pin DIO8. Untuk pulsa *sign* digunakan pin *analog output* pada konektor MXP A, yaitu pin AO0 untuk menghasilkan tegangan 5V.

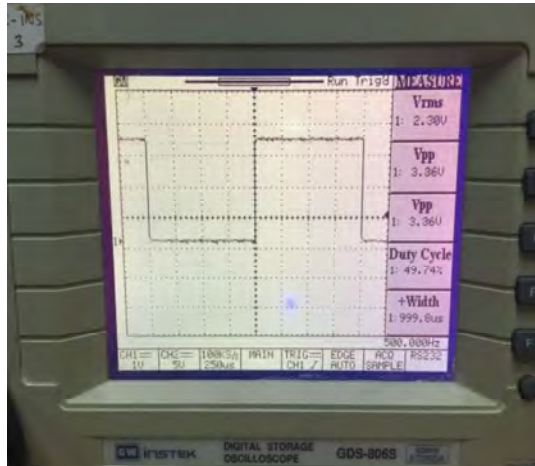


Gambar 4.1 Program LabVIEW Untuk Pengendali Motor Servo

Dari hasil pengujian yang dilakukan, terbukti bahwa tegangan keluaran dari pin *digital output* sesuai dengan spesifikasi NI-MyRIO pada Tabel 3.3, yaitu sebesar 3.3V. Hasil pembacaan program LabVIEW tertera pada Gambar 4.2. Tiap satu kotak pada osiloskop bernilai tegangan sebesar 1V. Tinggi pulsa yang dihasilkan program dari LabVIEW setinggi 3.5 kotak, berarti nilai tegangan yang dikeluarkan yaitu sebesar 3.5Volt.

Nilai keluaran dari NI-MyRIO ini tidak akan dapat digunakan untuk menggerakkan motor *servo*, karena tidak memenuhi spesifikasi minimal dari *servo drive*.

Tegangan keluaran dari NI-MyRIO yang bernilai 3.3V masih belum memenuhi syarat untuk dapat mengatur putaran motor melalui *servo drive*.



Gambar 4.2 Hasil Pengukuran Tegangan Keluaran Pin *Digital Output* MyRIO, Melalui Osiloskop

Oleh karena itu, diperlukan pemakaian suatu IC yang dapat menaikan nilai tegangan keluaran menjadi 5V. Pada perancangan *operation panel touch screen* ini, digunakan IC AM26C31. Penggunaan IC ini, salah satunya bertujuan agar tegangan yang dikeluarkan dapat mencapai 5V. IC ini digunakan sebagai IC *Line Driver*, jadi IC ini digunakan pada bagian sebelum hasil keluaran dari NI-MyRIO masuk ke *servo drive*.

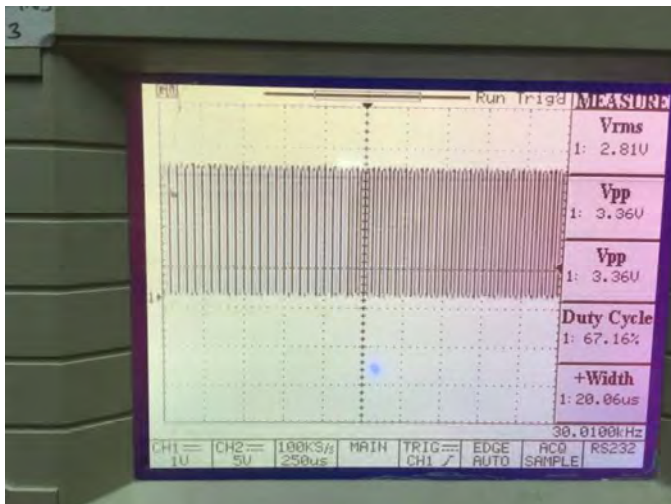
Syarat untuk mengaktifkan IC ini, harus diberikan tegangan masukan pada pin VCC dan G sebesar 5V dan 0V pada pin /G. Setelah dilakukan *wiring*, keluaran dari IC ini disambungkan pada sebuah osiloskop untuk dilihat pulsa serta tegangan keluarannya.

Dari hasil pengukuran yang dilakukan, tegangan keluaran yang terbaca yaitu sebesar 5V, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3. Tegangan keluaran dari IC AM26C31 dapat mencapai 5V karena, IC bekerja secara logika. Saat tegangan masukan bernilai 0 - 0.8V maka logika IC akan bernilai 0, akan tetapi pada saat tegangan yang masuk ke IC bernilai 2.4 - 5V maka IC akan bekerja pada logika 1. Nilai dari logika 1 sama dengan tegangan referensi yang dibutuhkan IC ini agar dapat bekerja, yaitu 5V.

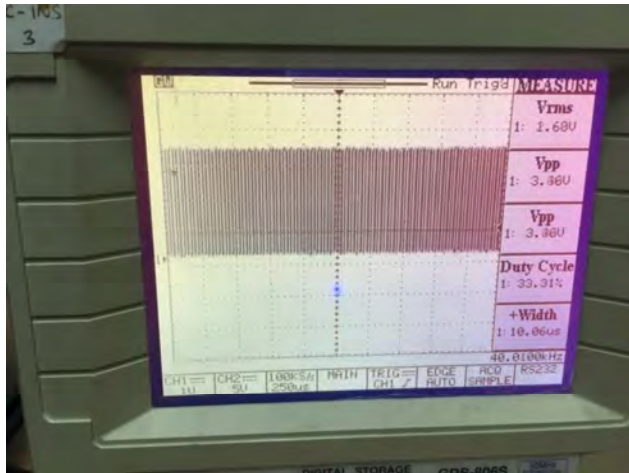


Gambar 4.3 Hasil Pengukuran Tegangan Keluaran dari Program Labview pada Osiloskop Setelah melalui IC AM26C31

Hasil keluaran dari IC ini baru dapat digunakan untuk menggerakkan motor *servo*, karena memenuhi nilai spesifikasi dari *servo drive* yang digunakan.



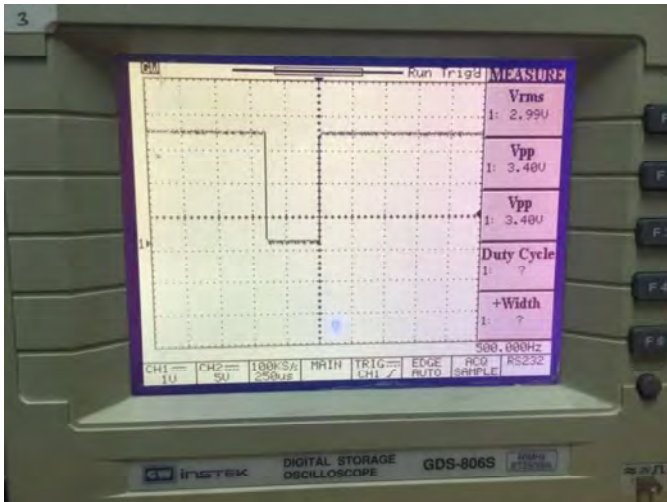
Gambar 4.4 Hasil Pulsa Keluaran dari Program LabVIEW pada Osiloskop dengan *Duty-cycle* 60%



Pada proses pengukuran, dilakukan perubahan *duty-cycle* dan juga frekuensi untuk mengetahui perubahan yang terjadi. Pada Gambar 4.6 diberikan *duty-cycle* sebesar 80% atau sebesar 0.8 dengan frekuensi 50Hz. Perubahan *duty-cycle* menjadi sebesar 80% tidak memengaruhi putaran dari motor *servo*, dalam artian motor tetap berputar jika diberikan nilai *duty-cycle* sebesar 0.8. Pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 juga dilakukan perubahan nilai *duty-cycle*. Seharusnya lebar pulsa yang dihasilkan oleh Gambar 4.4 harus lebih besar dari Gambar 4.5, karena nilai yang diberikan berbeda yaitu sebesar 67% dan 33%, akan tetapi pada kenyataannya, lebar pulsa yang dihasilkan tidak jauh berbeda, yaitu kecil dan cenderung rapat. Hal ini terjadi, karena dipengaruhi oleh nilai frekuensi yang dimasukan. Semakin tinggi nilai frekuensi yang diberikan, maka kerapatan antar pulsa juga semakin mengecil, sehingga lebar pulsa yang dihasilkan juga ikut menyesuaikan. Apabila nilai frekuensi yang diberikan kecil, seperti pada Gambar 4.6, maka akan tampak perbedaannya.

Jadi, perubahan *duty-cycle* pada pulsa masukan yang diberikan ke *servo drive* tidak akan memengaruhi kecepatan putar motor. Akan tetapi, saat *duty-cycle* yang diberikan bernilai 0% atau 100% maka motor Gambar 4.6 tidak akan berputar. Kecepatan putar motor dipengaruhi oleh

frekuensi yang diberikan. Semakin rapat jarak antar pulsa, maka semakin cepat putaran pada motor.



Gambar 4.6 Hasil Pulsa keluaran LabVIEW pada Osiloskop Dengan *Duty-cycle* 80%

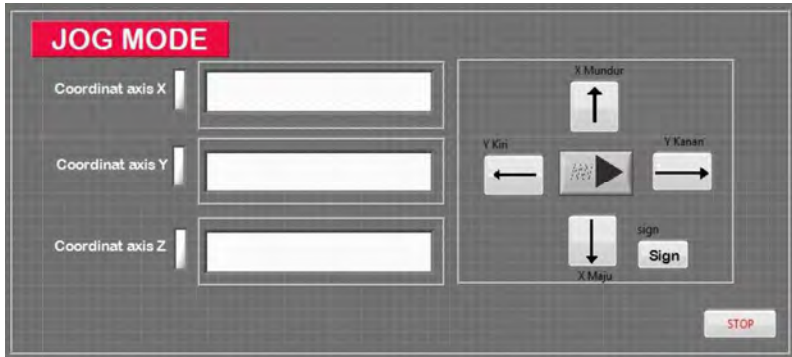
4.1.2 Pembuatan HMI untuk *Operation Panel* Mesin CNC

Dalam perancangan *operation panel* untuk mesin CNC *Milling*, dibutuhkan suatu HMI yang berfungsi sebagai tampilan untuk operator agar dapat memberi perintah pada mesin. Perancangan HMI juga dilakukan menggunakan *software* LabVIEW.

Pada perancangan *operation panel* untuk mesin CNC *Milling*, dibuat HMI untuk beberapa mode dengan tampilan yang sama seperti *operation panel* pada umumnya. Beberapa mode yang dibuat, yaitu:

- a. Mode JOG
 Pada saat operator menekan tombol sesuai X mundur (\uparrow), maka aksis X akan bergerak mundur. Aksis akan terus bergerak pada saat tombol ditekan, dan berhenti ketika tombol dilepas. Begitu juga jika operator menekan tombol Y kanan (\rightarrow), maka aksis Y akan bergerak ke kanan

mengikuti arah panah yang tertera pada tombol. Tampilan dari mode JOG tertera pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Tampilan HMI untuk Mode JOG

b. Mode *EDIT*

Pada *operation panel* CNC pada umumnya, selalu terdapat mode *EDIT*. Mode ini berfungsi untuk operator membuat program *G-code* langsung pada panel. Pada saat operation panel menekan tombol huruf yang ada panel HMI, maka pada layar HMI akan muncul huruf-huruf sesuai tombol yang telah ditekan. Tampilan HMI untuk mode *EDIT* ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Tampilan HMI untuk Mode *EDIT*

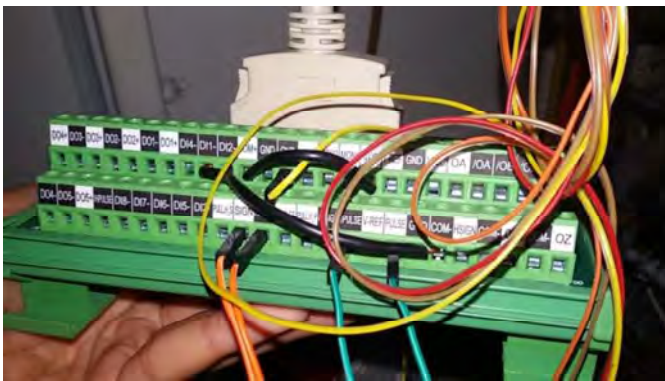
4.1.3 Pengujian Program HMI *Operation Panel* untuk Melakukan Pengaturan Posisi

Dalam proses uji coba, program yang dibuat menggunakan *software* LabVIEW digunakan untuk mengatur posisi dari sebuah *magazine* mesin CNC, seperti pada Gambar 4.11. *Magazine* ini sendiri digerakkan oleh sebuah motor *servo* dengan *gearbox* yang mempunyai rasio 1:5.

Pengaturan gerak atau posisi *magazine* mesin CNC dilakukan melalui sebuah HMI yang dibuat menggunakan LabVIEW. Tampilan HMI tertera pada Gambar 4.10. Untuk melakukan pengujian pada HMI *operation panel* ini, dilakukan semua prosedur yang dijelaskan diatas.

Pertama, dari program HMI harus dikoneksikan dengan perangkat *interface* NI-MyRIO. Selanjutnya, hasil keluaran tersebut dilanjutkan pads IC AM26C31 untuk dinaikan nilai tegangan keluaran. Tegangan ini yang akhirnya masuk dan diolah oleh *servo drive* untuk menggerakkan motor.

Pada *servo drive*, dilakukan *wiring* untuk mengakses *port* CN1, seperti yang tampak pada Gambar 4.9. *Port* ini diakses agar pengaturan gerak melalui *servo drive* dapat dilakukan secara eksternal.



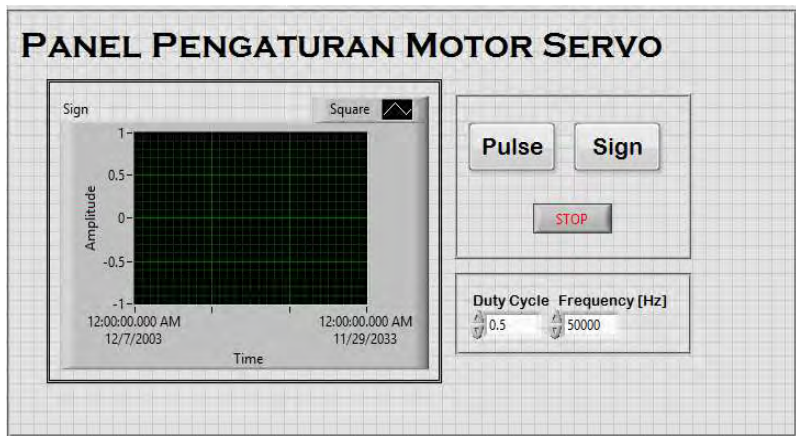
Gambar 4.9 *Wiring* pada *Port* CN1

Wiring yang dilakukan pada *port* CN1 juga berfungsi untuk mengaktifkan *servo on* pada motor mesin. Jika suatu motor ingin digerakkan melalui perintah pulsa masukan, maka motor tersebut harus

dalam keadaan *servo on*. Ciri bahwa *servo on* ini sudah menyala, yaitu dengan cara memutar mesin secara manual dengan tangan. Apabila motor mesin sudah terkunci dan tidak dapat digerakkan, maka *servo on* dari motor tersebut sudah aktif.

Pada HMI seperti pada Gambar 4.10, terdapat beberapa tombol fungsi yang dapat digunakan operator untuk memberi perintah pada motor. Untuk dapat menggerakkan motor, operator perlu mengatur frekuensi yang diinginkan. Range frekuensi antara 50 Hz – 100Khz. Frekuensi yang diberikan, tergantung pada seberapa cepat operator ingin menjalankan motor pada *magazine*. Saat program HMI pada LabVIEW telah dijalankan dan frekuensi yang diinginkan telah diatur, operator hanya tinggal menekan tombol *Pulse*, lalu motor akan berputar. Tombol *pulse* ini berguna untuk menghasilkan pulsa *step* untuk menjalankan motor, sedangkan tombol *Sign* berguna untuk menghasilkan pulsa *dir* yang berfungsi untuk mengubah arah putar motor.

Pada saat operator mengaktifkan tombol *pulse* dan tombol *sign* dibiarkan mati, maka motor pada mesin berputar searah dengan jarum jam (CW). Apabila operator ingin merubah arah putar motor menjadi berlawanan dengan jarum jam (CCW), operator perlu untuk mengaktifkan tombol *sign*. Motor pada mesin akan dapat berputar, hanya saat tombol *pulse* aktif. Apabila hanya tombol *sign* saja yang aktif, maka motor tidak akan dapat berputar. Hal ini dikarenakan fungsi tombol ini adalah untuk merubah arah, dengan nilai *duty-cycle* 1.



Gambar 4.10 Tampilan HMI untuk Pengaturan Posisi *Magazine*

Pada saat operator memberikan pulsa masukan melalui panel, jumlah pulsa yang dikirim dapat dibaca melalui *servo drive*. Pembacaan jumlah pulsa masukan melalui *servo drive* dapat dilakukan dengan cara mengatur parameter *servo*.

Pada saat pengujian, operator memberikan frekuensi masukan pada panel sebesar 10000Hz. Dari frekuensi masukan yang diberikan melalui LabVIEW, pada *servo drive* terbaca bahwa pulsa yang diterima sebanyak 10000. Hal ini berarti, untuk melakukan satu putaran motor dibutuhkan pulsa sebanyak 10000 pulsa.

Motor yang digunakan pada *magazine* CNC ini merupakan motor dengan *gearbox* yang mempunyai rasio 1:5, seperti pada Gambar 4.12. Berarti, untuk dapat menggerakkan *gearbox* sebanyak satu putaran, motor perlu berputar sebanyak 5kali. Jumlah pulsa yang diperlukan motor untuk satu kali memutar *gearbox* yaitu sebanyak 50.000 pulsa.

Dari data yang diperoleh, dapat diketahui rasio perbandingan antara motor : *gearbox* : *magazine*, yaitu 45:9:1. Artinya, untuk dapat memutar *magazine* sebanyak satu putaran, maka *gearbox* telah berputar sebanyak 9 kali, sedangkan motor telah berputar sebanyak 45 kali.



Gambar 4.11 *Magazine* Mesin CNC Fanuc

Jadi, banyak pulsa yang dibutuhkan untuk menggerakkan *magazine* sebanyak satu putaran yaitu 460.000 pulsa. Untuk menghitung

banyak pulsa, didapatkan dari hasil perkalian jumlah putaran *gearbox* dengan banyak pulsa *gearbox* dalam satu kali putaran.

Jadi, untuk menggerakkan motor sebesar 1° , diperlukan pulsa sebanyak 27 pulsa. Perhitungan didapat dari jumlah pulsa pada 1 kali putaran motor dibagi dengan besar sudut satu kali putaran sebesar 360° .

Sedangkan untuk dapat mengganti *tools* pada *magazine* atau ATC mesin CNC, diperlukan pulsa sebanyak 38.000 pulsa. Berbeda dengan perhitungan sebelumnya, hasil banyak pulsa yang diperlukan diperoleh dari, jumlah putaran *gearbox* dikali dengan banyak pulsa yang dihasilkan oleh *gearbox* dalam 1 kali putaran, lalu hasil perkalian tersebut dibagi dengan jumlah atau banyak *tool* pada *magazine* CNC atau ATC.



Gambar 4.12 Motor dengan *Gearbox* Rasio 1:5

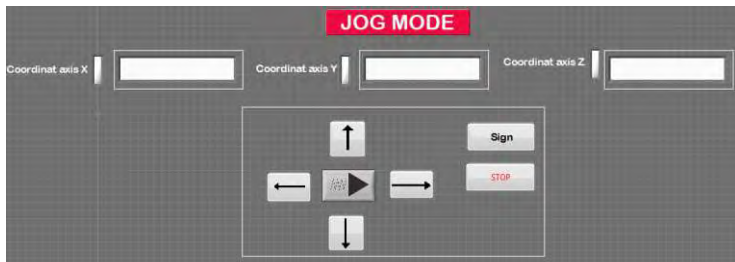
Berdasarkan uji coba yang dilakukan, didapatkan hasil pembacaan kecepatan putar motor yang bervariasi. Hasil pembacaan tertera pada Tabel 4.1. Pembacaan kecepatan motor, dilakukan melalui pengaturan parameter P2-07 pada *servo drive*. Kecepatan putar motor berubah terhadap frekuensi masukan yang diberikan.

HMI *operation panel* yang dirancang menggunakan LabVIEW, terbukti dapat mengatur pergerakan motor pada mesin CNC seperti kerja

operation panel dari mesin tersebut. Dengan menggunakan *operation panel* yang dirancang menggunakan LabVIEW, pengguna dapat membuat fitur-fitur yang sesuai dengan kebutuhan. Hasil dari perancangan *operation panel* dengan LabVIEW lebih *user-friendly*, karena tampilan serta mode pada HMI *operation panel* yang dirancang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan pengguna, seperti pada Gambar 4.13. Jika terjadi kerusakan semisal pada tombol, pengguna dapat menganalisa sendiri kerusakan yang terjadi. Penggunaan layar sentuh pada *operation panel* ini memperkecil kemungkinan terjadinya kerusakan, kecuali jika terjadi permasalahan pada monitor layar sentuh. Hal ini menyebabkan pengguna tidak lagi bergantung pada produsen mesin, selain itu juga meminimalkan biaya untuk perawatan dan servis *operation panel* juga dapat memberikan keluasaan bagi pengguna untuk terus mengembangkan fitur-fitur yang dibutuhkan mesin CNC.

Tabel 4.1 Kecepatan Putar Motor Terhadap Frekuensi Masukan

Frekuensi	Kecepatan r/min
500Hz	3
600Hz	4
800Hz	5
1000Hz	6
1500Hz	9
3000Hz	18
4500Hz	27
6000Hz	36
7500Hz	45
10.000Hz	60

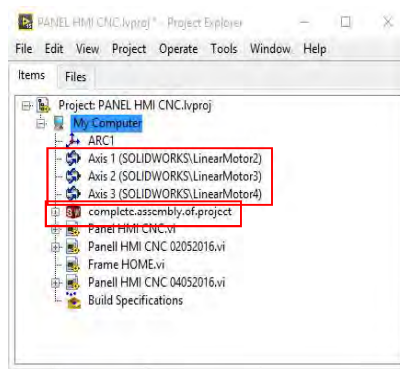


Gambar 4.13 Tampilan HMI pada *Operation Panel* yang Dapat Diubah Sesuai Kebutuhan

4.2 Prosedur Simulasi *Operation Panel*

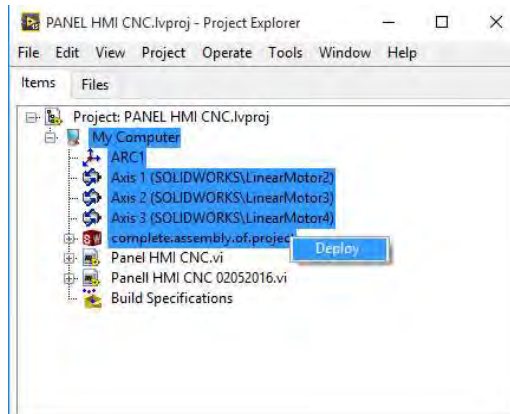
Pada simulasi sistem *operation panel* untuk mesin CNC, dibutuhkan sebuah desain mesin yang akan dikendalikan putarannya. Oleh karena itu, dengan menggunakan *software* Solidworks dibuat sebuah desain mesin CNC. Desain dibuat semirip mungkin dengan mesin CNC, sehingga dibuat secara 3D seperti pada Gambar 3.18.

Agar dapat mengatur desain yang dibuat, digunakan fungsi *analysis motion* pada Solidworks serta modul *softmotion* pada LabVIEW. Dalam membuat serta menjalankan simulasi pada melalui *software* tersebut, ada beberapa langkah yang harus dilakukan:



Gambar 4.14 *Project Explorer* untuk Mengkoneksikan Solidworks dengan LabVIEW.

- a. Saat pembuatan program LabVIEW, harus dibuat sebuah *project* yang didalamnya termasuk desain mesin pada Solidworks, serta *part* yang ingin dikendalikan seperti pada Gambar 4.14.
- b. Pembuatan program pada LabVIEW dilakukan dengan menggunakan modul khusus yaitu *softmotion*.
- c. Untuk dapat mengatur aksis yang ingin digerakkan, maka pada program LabVIEW, tiap *part* yang ingin dikendalikan harus dalam kondisi *enable*. Untuk mengetahui status *part* yang dituju, yaitu dengan cara klik kanan pada aksis yang dituju, lalu pilih *properties* untuk merubah status.

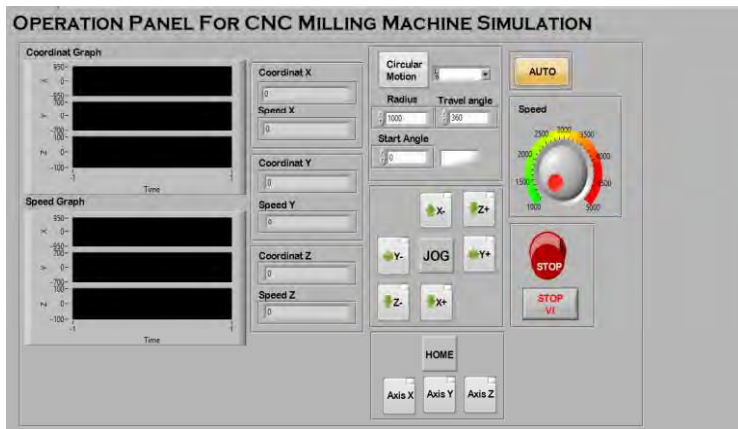


Gambar 4.15 Mengunduh Program LabVIEW untuk Menjalankan Simulasi

- d. Jika semua keadaan *part* atau motor yang ingin dikendalikan sudah dalam keadaan *enable*, unduh atau *deploy* program LabVIEW mulai dari *my Computer* hingga *file* Solidworks yang akan dikendalikan, seperti pada Gambar 4.15.
- e. Untuk dapat menjalankan simulasi pergerakan perintah dari *operation panel* pada desain yang dibuat, *software* Solidworks harus dalam mode *motion analysis*.

- f. Setelah itu, masuk kembali ke *Project Explorer* LabVIEW lalu klik kanan pada *file assembly* Solidworks yang dituju, jika Solidworks sudah dalam keadaan seperti *point* no 5, maka klik *start simulation*.
- g. Jalankan program LabVIEW yang telah dibuat.

Saat simulasi berlangsung, motor aksis akan bergerak sesuai dengan perintah yang diberikan saat tombol fungsi pada *HMI operation panel* ditekan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.16. Desain HMI dibuat semirip mungkin dengan benda aslinya.



Gambar 4.16 Tampilan HMI Pada Simulasi *Operation Panel* yang Dibuat Menggunakan Labview

Ketika operator ingin mengatur posisi aksis sesuai dengan kebutuhan tetapi tidak mengetahui koordinat yang dituju, maka operator dapat menggunakan fungsi JOG pada simulasi HMI. Saat operator menekan tombol sesuai dengan arah aksis yang tertera pada kolom fungsi JOG, maka aksis pada simulasi mesin CNC di Solidworks akan bergerak sesuai dengan perintah yang diberikan.

Cara kerja dari mode JOG sendiri yaitu, selama operator menekan tombol aksis yang dikendalikan, maka aksis tersebut akan berjalan hingga tombol tersebut ditekan kembali atau dimatikan.

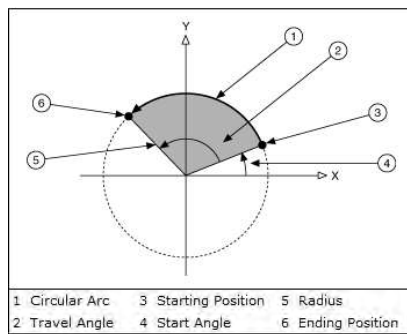
Sebaliknya untuk arah gerak naik dan kiri, untuk tiap satu pulsa masukan yang diberikan, aksis akan bergerak sejauh -10mm. Pada simulasi, tiap aksis mempunyai jarak tempuh maksimal agar aksis tersebut tidak berjalan keluar dari *assembly* kerangka mesin CNC. Jarak tempuh maksimal untuk masing-masing aksis yang dikendalikan, yaitu aksis X: 950mm, aksis Y: 700mm, aksis Z: 80mm.

Jika aksis digerakkan sejauh dari batasan maksimal yang sudah ditentukan, maka aksis tersebut akan terlepas dari kerangka desain mesin CNC yang dibuat.

Untuk mengembalikan posisi aksis mesin CNC setelah sejauh berapapun aksis tersebut digerakkan, operator dapat memanfaatkan mode HOME yang juga tersedia pada simulasi yang dibuat.

Mode ini bekerja dengan cara membaca letak koordinat dimana aksis berada pada saat itu, lalu dikembalikan pada posisi 0 atau posisi awal yang telah ditentukan melalui program yang dibuat.

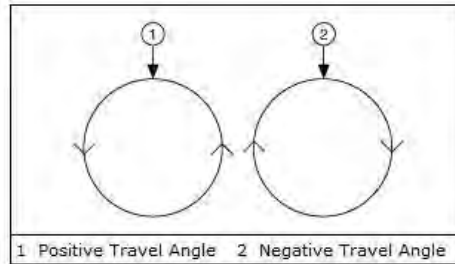
Pada mesin CNC, gerak melingkar dapat dilakukan dengan memberikan masukan berupa kode *G-code* yang dibuat oleh operator, akan tetapi pada simulasi, gerak melingkar dilakukan dengan cara memberi nilai pada radius, dan sudut berapa aksis akan bekerja, serta operator dapat menentukan besar sudut untuk aksis berjalan.



Gambar 4.17 Nilai Masukan untuk Menggerakkan Aksis Secara Melingkar

Pada Gambar 4.17, menunjukkan keterangan mengenai masukan yang harus diberikan untuk dapat menggerakkan aksis dalam mode melingkar. Nilai masukan yang harus diberikan agar aksis dapat bergerak melingkar, yaitu:

- a. *Radius*: menentukan jarak dari titik tengah ke tepi lingkaran.
- b. *Start Angle*: mengarahkan busur pada bidanganya dengan titik awal sebagai acuan sumbu untuk berputar. Karena titik awal.
- c. *Travel Angle*: menunjukkan seberapa jauh busur telah menempuh lingkaran 360° . Sebagai contoh, saat sudut yang ditempuh sebesar 90° , berarti aksis bergerak seperempat lingkaran. Apabila nilai *travel angle* yang diberikan bernilai positif, maka aksis akan bergerak searah dengan arah jarum jam, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.18.

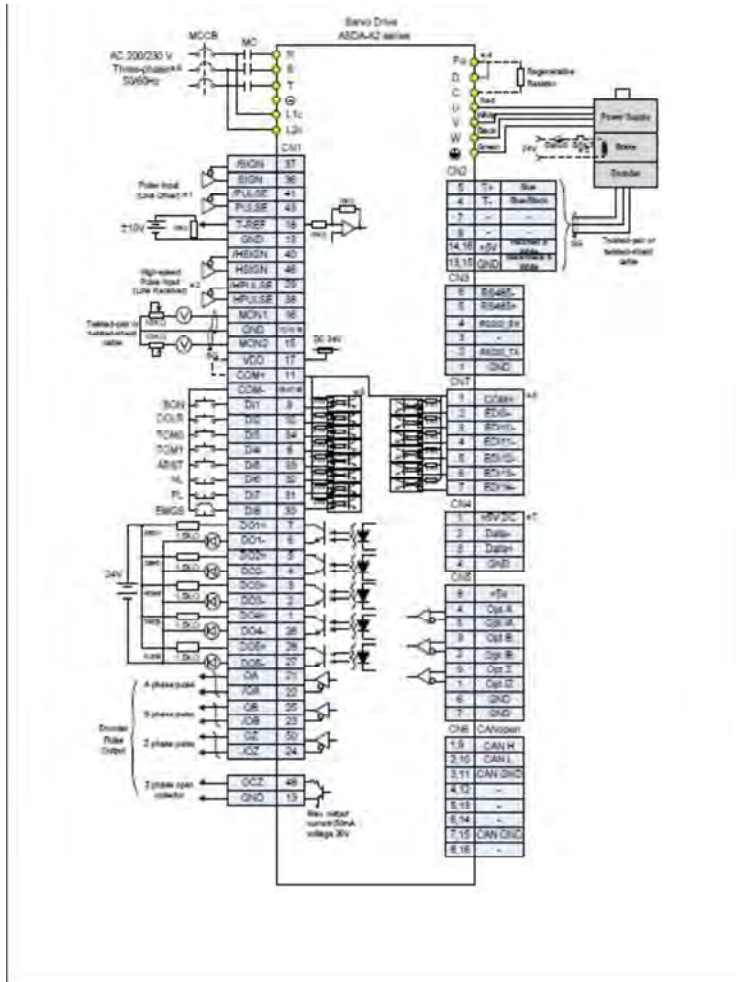


Gambar 4.18 Arah Gerak Aksis Berdasarkan Masukan Nilai *Travel Angle*.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

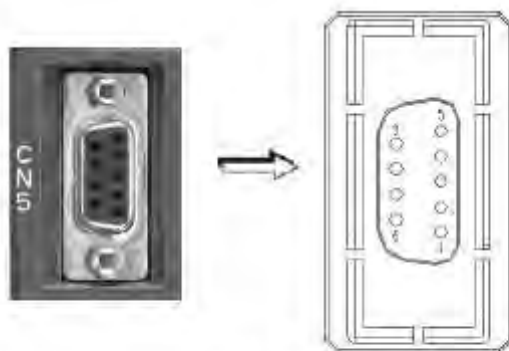
LAMPIRAN A

Wiring Diagram untuk pengaturan Position Mode



LAMPIRAN B

Wiring konektor CN5



CN5 Terminal Signal Identification

PIN No.	Signal Name	Terminal Identification	Description
1	/Z phase input	Opt_/Z	Linear scale /Z phase output
2	/B phase input	Opt_/B	Linear scale /B phase output
3	B phase input	Opt_B	Linear scale B phase output
4	A phase input	Opt_A	Linear scale A phase output
5	/A phase input	Opt_/A	Linear scale /A phase output
6	Encoder grounding	GND	Ground
7	Encoder grounding	GND	Ground
8	Encoder power	+5V	Linear scale 5V power
9	Z phase input	Opt_Z	Linear scale Z phase output

LAMPIRAN C

Data Sheet IC AM26C31

FEATURES

- Meets or Exceeds the Requirements of TIA/EIA-422-B and ITU Recommendation V.11
- Low Power, $I_{CC} = 100 \mu A$ Typ
- Operates From a Single 5-V Supply
- High Speed, $t_{PLH} = t_{PHL} = 7 \text{ ns}$ Typ
- Low Pulse Distortion, $t_{sk(p)} = 0.5 \text{ ns}$ Typ
- High Output Impedance in Power-Off Conditions
- Improved Replacement for AM26LS31
- Available in Q-Temp Automotive
 - High-Reliability Automotive Applications
 - Configuration Control/Print Support
 - Qualification to Automotive Standards

DESCRIPTION/ORDERING INFORMATION

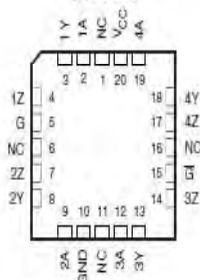
The AM26C31 is a differential line driver with complementary outputs, designed to meet the requirements of TIA/EIA-422-B and ITU (formerly CCITT). The 3-state outputs have high-current capability for driving balanced lines, such as twisted-pair or parallel-wire transmission lines, and they provide the high-impedance state in the power-off condition. The enable functions are common to all four drivers and offer the choice of an active-high (G) or active-low (\bar{G}) enable input. BiCMOS circuitry reduces power consumption without sacrificing speed.

The AM26C31C is characterized for operation from 0°C to 70°C, the AM26C31I is characterized for operation from -40°C to 85°C, the AM26C31Q is characterized for operation over the automotive temperature range of -40°C to 125°C, and the AM26C31M is characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C.

AM26C31M...J OR W PACKAGE
AM26C31Q...D PACKAGE
AM26C31C...D, DB, OR NS PACKAGE
AM26C31I...D, DB, N, NS, OR PW PACKAGE
(TOP VIEW)



AM26C31M...FK PACKAGE
(TOP VIEW)



NC - No internal connection

ORDERING INFORMATION

T _A	PACKAGE ^{(1) (2)}		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube of 25	AM26C31CN	AM26C31CN
		Tube of 40	AM26C31CD	AM26C31C
	SOIC (D)	Reel of 2500	AM26C31CDR	
	SOP (NS)	Reel of 2000	AM26C31CNSR	26C31
	SSOP (DB)	Reel of 2000	AM26C31CDBR	26C31
-40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube of 25	AM26C31IN	AM26C31IN
		Tube of 40	AM26C31ID	AM26C31I
	SOIC (D)	Reel of 2500	AM26C31IDR	
	SOP (NS)	Reel of 2000	AM26C31INSR	26C31I
	SSOP (DB)	Reel of 2000	AM26C31IDBR	26C31I
	TSSOP (PW)	Tube of 90	AM26C31IPW	26C31I
-40°C to 125°C	SOIC (D)	Tube of 40	AM26C31QD	AM26C31QD
		Reel of 2500	AM26C31QDR	
-55°C to 125°C	CDIP (J)	Tube of 25	AM26C31MJ	AM26C31MJ
	CFP (W)	Tube of 150	AM26C31MW	AM26C31MW
	LCCC (FK)	Tube of 55	AM26C31MFK	AM26C31MFK

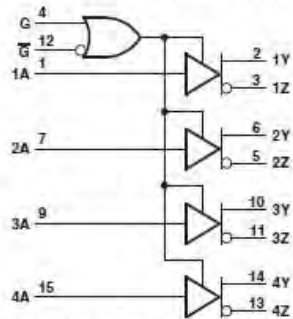
(1) Package drawings, thermal data, and symbolization are available at www.ti.com/packaging.

(2) For the most current package and ordering information, see the Package Option Addendum at the end of this document, or see the TI website at www.ti.com.

Table 1. FUNCTION TABLE
(Each Driver)⁽¹⁾

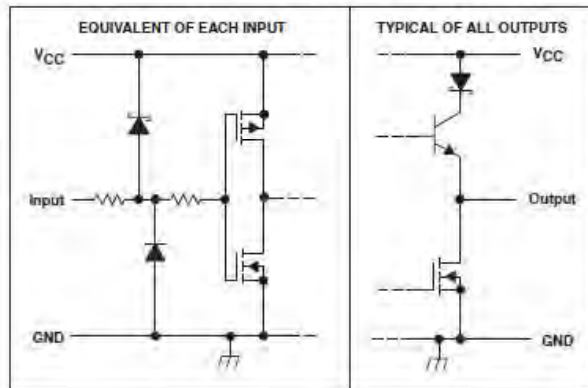
INPUT A	ENABLES		OUTPUTS	
	G	\overline{G}	Y	Z
H	H	X	H	L
L	H	X	L	H
H	X	L	H	L
L	X	L	L	H
X	L	H	Z	Z

LOGIC DIAGRAM (POSITIVE LOGIC)



Pin numbers shown are for the D, DB, J, N, NS, PW, and W packages.

SCHEMATICS OF INPUTS AND OUTPUTS



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS⁽¹⁾

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

		MIN	MAX	UNIT
V_{CC}	Supply voltage range ⁽²⁾	-0.5	7	V
V_I	Input voltage range	-0.5	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{ID}	Differential input voltage range	-14	14	V
V_O	Output voltage range	-0.5	7	V
I_{IK} I_{OK}	Input or output clamp current		±20	mA
I_O	Output current		±160	mA
	V_{CC} current		200	mA
	GND current	-200		mA
θ_{JA}	Package thermal impedance ^{(3) (4)}	D package	73	°C/W
		DB package	82	
		N package	67	
		NS package	64	
		PW package	108	
T_J	Operating virtual junction temperature		150	°C
T_{stg}	Storage temperature range	-85	150	°C

(1) Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

(2) All voltage values, except differential voltages, are with respect to the network ground terminal.

(3) Maximum power dissipation is a function of $T_{J(max)}$, θ_{JA} , and T_A . The maximum allowable power dissipation at any allowable ambient temperature is $P_D = (T_{J(max)} - T_A)/\theta_{JA}$. Operating at the absolute maximum T_J of 150°C can affect reliability.

(4) The package thermal impedance is calculated in accordance with JEDEC 51-7.

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

		MIN	NOM	MAX	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	V
V_{ID}	Differential input voltage		±7		V
V_{IH}	High-level input voltage	2			V
V_{IL}	Low-level input voltage			0.8	V
I_{OH}	High-level output current			-20	mA
I_{OL}	Low-level output current			20	mA
T_A	Operating free-air temperature	AM26C31C	0	70	°C
		AM26C31I	-40	85	
		AM26C31Q	-40	125	
		AM26C31M	-55	125	

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	AM26C31C AM26C31I			UNIT	
			MIN	TYP ⁽¹⁾	MAX		
V _{OH}	High-level output voltage	I _O = -20 mA	2.4	3.4		V	
V _{OL}	Low-level output voltage	I _O = 20 mA		0.2	0.4	V	
V _{OD}	Differential output voltage magnitude	R _L = 100 Ω, See Figure 1	2	3.1		V	
Δ V _{OD}	Change in magnitude of differential output voltage ⁽²⁾	R _L = 100 Ω, See Figure 1				±0.4	V
V _{OC}	Common-mode output voltage	R _L = 100 Ω, See Figure 1				3	V
Δ V _{OC}	Change in magnitude of common-mode output voltage ⁽²⁾	R _L = 100 Ω, See Figure 1				±0.4	V
I _I	Input current	V _I = V _{CC} or GND				±1	μA
I _{O(OM)}	Driver output current with power off	V _{CC} = 0	V _O = 6 V V _O = -0.25 V			100 -100	μA
I _{OS}	Driver output short-circuit current	V _O = 0				-30	mA
I _{OZ}	High-impedance off-state output current	V _O = 2.5 V				20	μA
		V _O = 0.5 V				-20	
I _{OC}	Quiescent supply current	I _O = 0	V _I = 0 or 5 V			100	μA
			V _I = 2.4 V or 0.5 V ⁽³⁾			1.5	
C _I	Input capacitance					6	pF

(1) All typical values are at V_{CC} = 5 V and T_A = 25°C.

(2) Δ|V_{OD}| and Δ|V_{OC}| are the changes in magnitude of V_{OD} and V_{OC}, respectively, that occur when the input is changed from a high level to a low level.

(3) This parameter is measured per input. All other inputs are at 0 or 5 V.

SWITCHING CHARACTERISTICS

over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		AM26C31C AM26C31I			UNIT
				MIN	TYP ⁽¹⁾	MAX	
t _{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	S1 is open, See Figure 2	3	7	12	ns	
t _{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output		3	7	12		
t _{SK(50)}	Pulse skew time (t _{PLH} - t _{PHL})	S1 is open, See Figure 2	0.5		4	ns	
t _{ROD(10)} , t _{FOD(10)}	Differential output rise and fall times	S1 is open, See Figure 3	5		10	ns	
t _{PDH}	Output enable time to high level	S1 is closed, See Figure 4	10		19	ns	
t _{PDL}	Output enable time to low level		10		19		
t _{PHZ}	Output disable time from high level	S1 is closed, See Figure 4	7		16	ns	
t _{PLZ}	Output disable time from low level		7		16		
C _{PD}	Power dissipation capacitance (each driver) ⁽²⁾	S1 is open, See Figure 2	170		pF		

(1) All typical values are at V_{CC} = 5 V and T_A = 25°C.

(2) C_{PD} is used to estimate the switching losses according to P_D = C_{PD} × V_{CC}² × f, where f is the switching frequency.

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

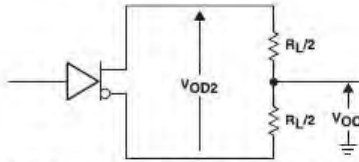
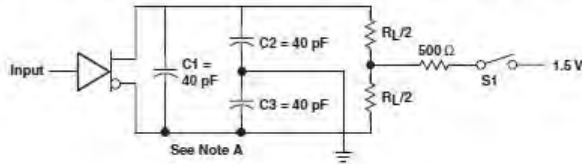


Figure 1. Differential and Common-Mode Output Voltages

- A. C1, C2, and C3 include probe and jig capacitance.
 B. All input pulses are supplied by generators having the following characteristics: PRR ≤ 1 MHz, duty cycle $\leq 50\%$, and $t_r, t_f \leq 6$ ns.



TEST CIRCUIT

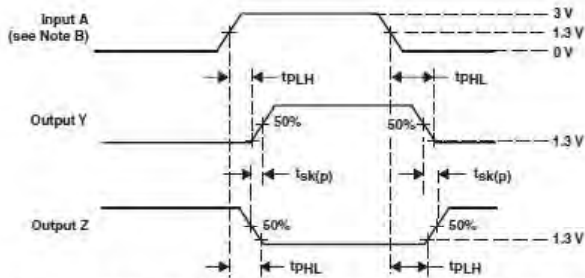
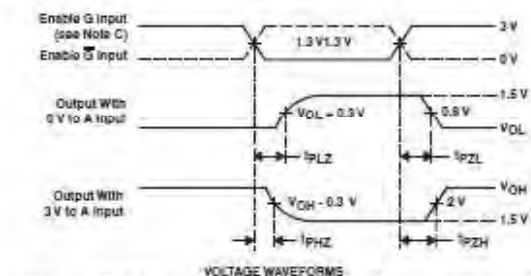
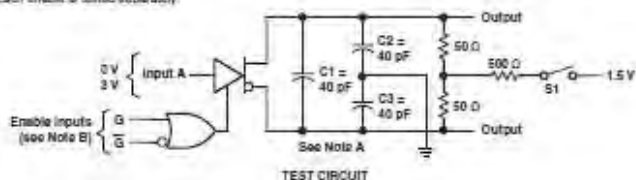
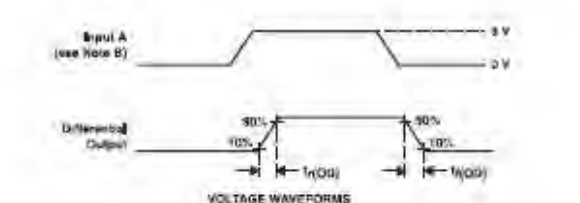
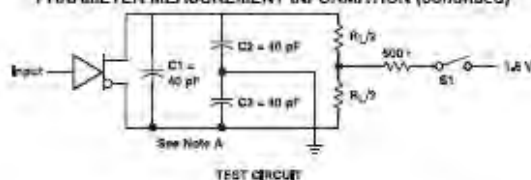


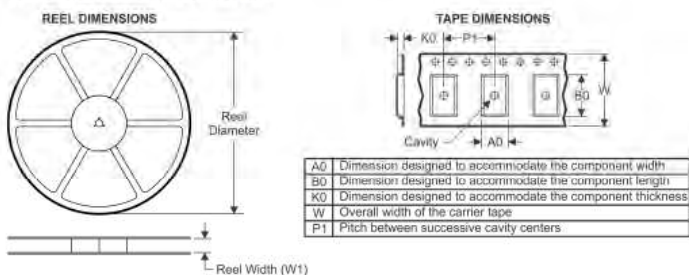
Figure 2. Propagation Delay Time and Skew Waveforms and Test Circuit

- A. C1, C2, and C3 include probe and jig capacitance.
 B. All input pulses are supplied by generators having the following characteristics: PRR ≤ 1 MHz, duty cycle $\leq 50\%$, and $t_r, t_f \leq 6$ ns.

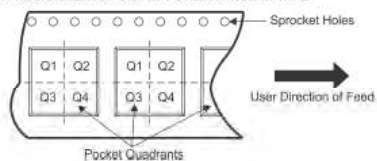
PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION (continued)



TAPE AND REEL INFORMATION

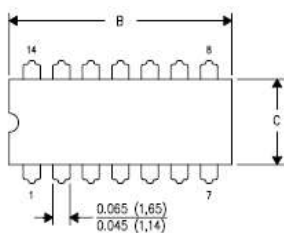


QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE

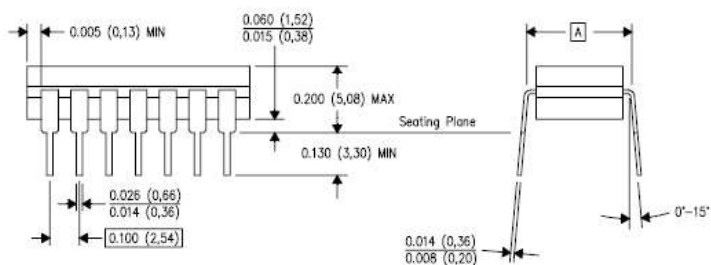


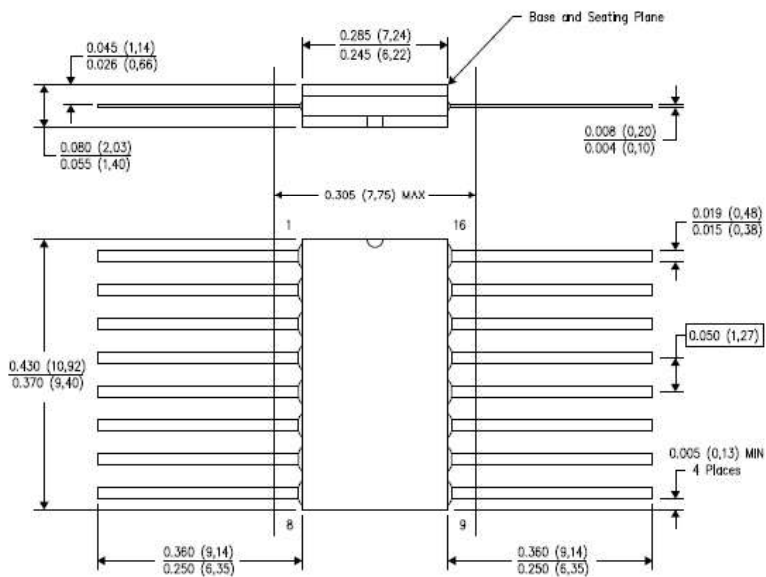
*All dimensions are nominal

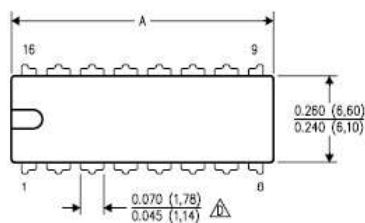
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
AM26C31CD8R	SSOP	DB	16	2000	330.0	16.4	8.2	6.6	2.5	12.0	16.0	Q1
AM26C31CDR	SOIC	D	16	2500	330.0	16.4	6.5	10.3	2.1	8.0	16.0	Q1
AM26C31ID8R	SSOP	DB	16	2000	330.0	16.4	8.2	6.6	2.5	12.0	16.0	Q1
AM26C31IDR	SOIC	D	16	2500	330.0	16.4	6.5	10.3	2.1	8.0	16.0	Q1
AM26C31IDR	SOIC	D	16	2500	330.0	16.8	6.5	10.3	2.1	8.0	16.0	Q1
AM26C31IDRG4	SOIC	D	16	2500	330.0	16.4	6.5	10.3	2.1	8.0	16.0	Q1
AM26C31IPWR	TSSOP	PW	16	2000	330.0	12.4	6.9	5.6	1.6	8.0	12.0	Q1
AM26C31IPWR	TSSOP	PW	16	2000	330.0	12.4	6.9	5.6	1.6	8.0	12.0	Q1
AM26C31IPWRG4	TSSOP	PW	16	2000	330.0	12.4	6.9	5.6	1.6	8.0	12.0	Q1
AM26C31QDR	SOIC	D	16	2500	330.0	16.4	6.5	10.3	2.1	8.0	16.0	Q1
AM26C31QDRG4	SOIC	D	16	2500	330.0	16.4	6.5	10.3	2.1	8.0	16.0	Q1



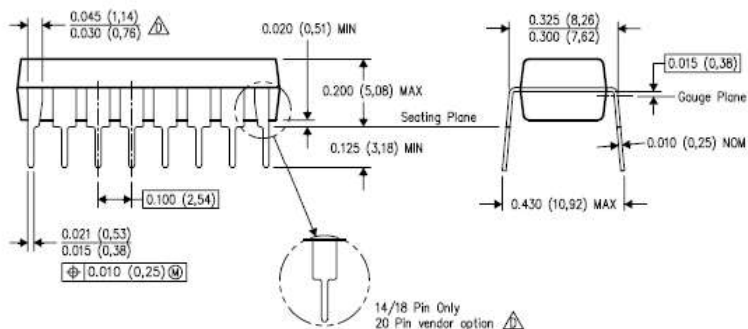
DIM \ PINS **	14	16	18	20
A	0.300 (7,62) BSC	0.300 (7,62) BSC	0.300 (7,62) BSC	0.300 (7,62) BSC
B MAX	0.785 (19,94)	.840 (21,34)	0.960 (24,38)	1.060 (26,92)
B MIN	—	—	—	—
C MAX	0.300 (7,62)	0.300 (7,62)	0.310 (7,87)	0.300 (7,62)
C MIN	0.245 (6,22)	0.245 (6,22)	0.220 (5,59)	0.245 (6,22)

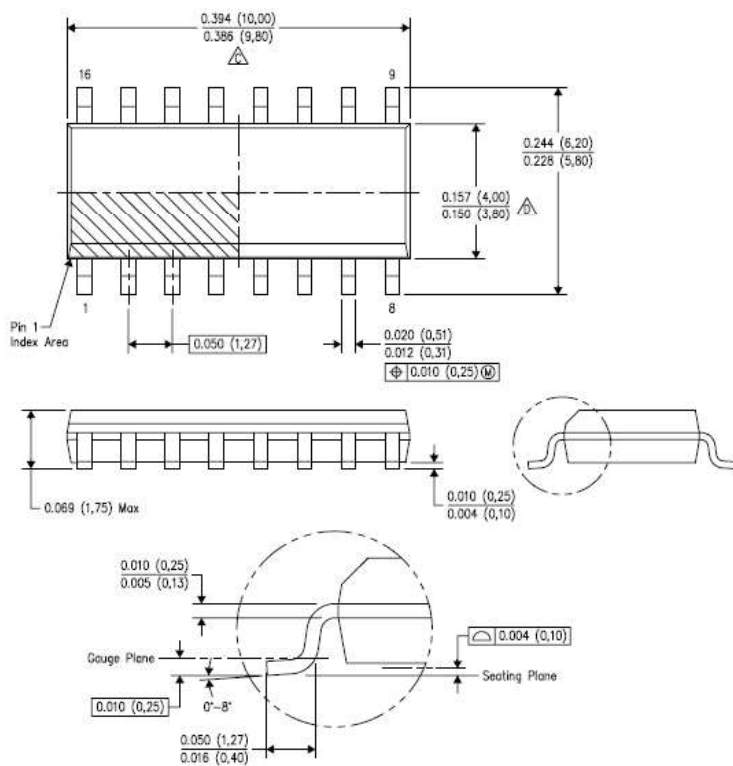




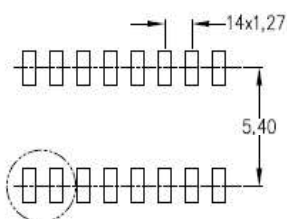


<div> <div>PINS **</div> <div>DIM</div> </div>	14	16	18	20
A MAX	0.775 (19,69)	0.775 (19,69)	0.920 (23,37)	1.060 (26,92)
A MIN	0.745 (18,92)	0.745 (18,92)	0.850 (21,59)	0.940 (23,88)
MS-001 VARIATION	AA	BB	AC	AD

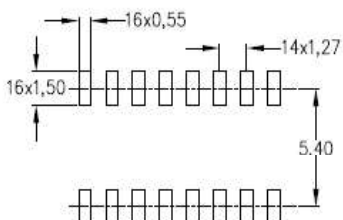




Example Board Layout
(Note C)



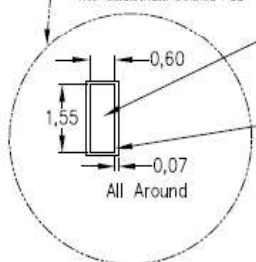
Stencil Openings
(Note D)

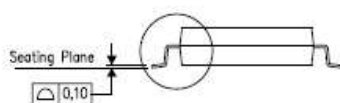
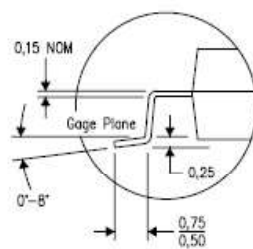
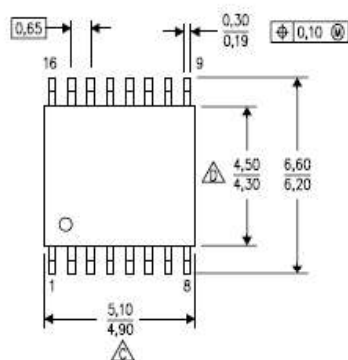


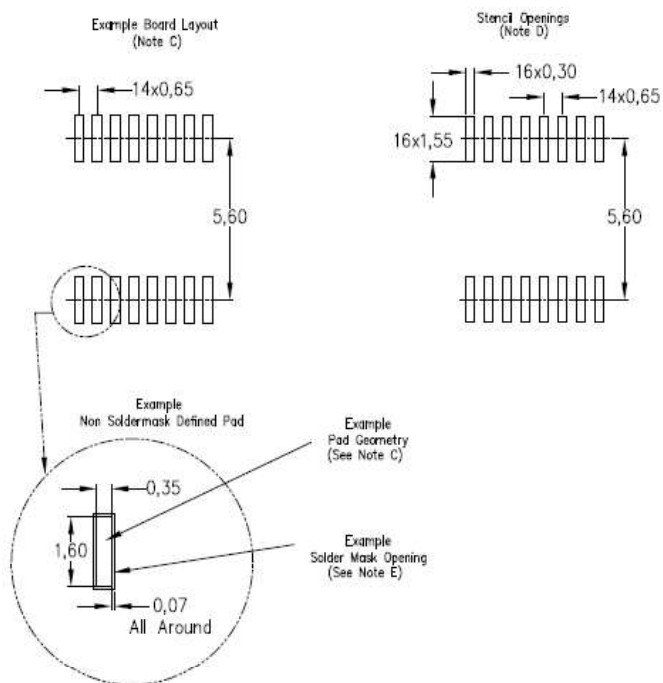
Example
Non Soldermask Defined Pad

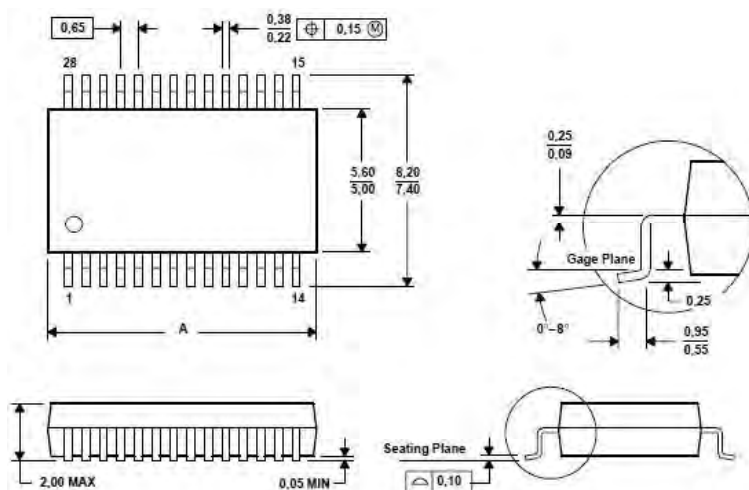
Example
Pad Geometry
(See Note C)

Example
Solder Mask Opening
(See Note E)









DIM \ PINS **	14	16	20	24	28	30	38
A MAX	6.50	6.50	7.50	8.50	10.50	10.50	12.90
A MIN	5.90	5.90	6.90	7.90	9.90	9.90	12.30

BAB V

PENUTUP

Untuk merancang suatu HMI untuk *operation panel* mesin CNC *Milling*, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan agar dapat mengakses *servo drive* dengan baik, diantaranya pemrograman harus dibuat sesuai dengan spesifikasi dari *servo drive* yang digunakan. Pemberian pulsa *step* dan *dir* secara eksternal pada *servo drive* dapat dilakukan dengan melakukan *wiring* khusus untuk pengaturan secara eksternal.

HMI hasil dari perancangan menggunakan LabVIEW dapat digunakan untuk mengatur pergerakan motor pada sebuah mesin CNC. Melalui HMI ini posisi ATC pada mesin CNC dapat diatur. Pemberian nilai frekuensi masukan memengaruhi kecepatan putar motor pada mesin. Motor hanya dapat berputar saat *duty-cycle* saat bernilai lebih dari 10% dan kurang dari 100%. Mode yang dibuat pada simulasi perancangan HMI *operation panel* mesin CNC mampu mengatur pergerakan mesin CNC yang telah di desain, sesuai dengan tombol yang ditekan pada *operation panel*.

Saran untuk rencana kerja selanjutnya adalah menambahkan *intepreter* sehingga dapat dibuat mode AUTO, MDI (*Manual Data Input*), dengan menggunakan motor dengan sistem *closed-loop*, sehingga mampu menggerakkan 3 aksis sekaligus pada suatu mesin CNC.

-----Halaman ini sengaja dikosongkan-----

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y.Weidong and G.Zhanbiao, “An Open CNC Controller Based on LabVIEW *Software*,” International Conference on Computer Application and System Modeling (ICCASM), Oct 2010, vol. 4, pp 476-479.
- [2] D.M Elias, Y.Yusof, M.Minhat, “CNC Machine System via STEP-NC Data Model and LabVIEW Platform *Milling* Operation,” IEEE Conference on Open Systems (ICOS), Dec 2013, pp. 27-31.
- [3] P.Olden, K.Robinson, K.Tanner, R.Wilson, A.M.H.Basher, “OPEN-LOOP MOTOR SPEED COTROL WITH LABVIEW,” IEEE SoutheastCon 2001, Mar-Apr 2001, pp. 259-262.
- [4] Pabolu, V.K Srinivas, S.K.N.H, “Design and Implementation of a Three Dimensional CNC Machine,” International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSE), 2010, pp. 2567-2570.
- [5] X.W Xu and Newman, S.T., “Making CNC machine tools more open, interoperable and intelligent,” International Journal on Computer Science and Engineering (IJCSE), 2006, pp. 141-152.
- [6] Kief, Hans B. and Waters, T. Frenderick. “Computer Numerical Control” California: Glence,1992.
- [7] Lynch, Myke. “Computer Numerical Control Accessory Device” New York: McGraw.inc,1994.
- [8] _____, Manual Book : Delta CNC Solution, *series NC300*. Taiwan: Delta CNC Solution.

BIODATA PENULIS



Febby Ayu Ramadhani yang lahir di Surabaya, 8 Februari 1995 merupakan anak kedua dari dua bersaudara pasangan Bapak Bambang Sugiarto dan Ibu Sri Pudji Astuti. Penulis manamatkan pendidikan di SDN Pacar Keling V Surabaya, SMPN 1 Surabaya dan SMAN 15 Surabaya. Setelah menamatkan jenjang SMA, penulis melanjutkan kuliah di D3 Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan mengambil bidang studi Komputer Kontrol. Pada tanggal 31 Mei 2016, penulis mengikuti ujian Tugas Akhir untuk memperoleh gelar Diploma Teknik.

E-mail: ramadhani.febby@aiesec.net